ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ
НЕ ПОЗЖЕ 38130
ОБОЗНАЧЕННОГО ЗДЕСЬ СРОК
ФРП 243
зак. 22.3

8151

Проверено
1951 г.

SSI.4
Ш-78

Ю. ШОКАЛЬСКІЙ

Заслуженный профессоръ Морской Академіи.
Почетный докторъ: Физической Географіи Новороссійскаго Университета и Географіи Казанскаго Университета.

ПРОВЕРЕНО
196 г.

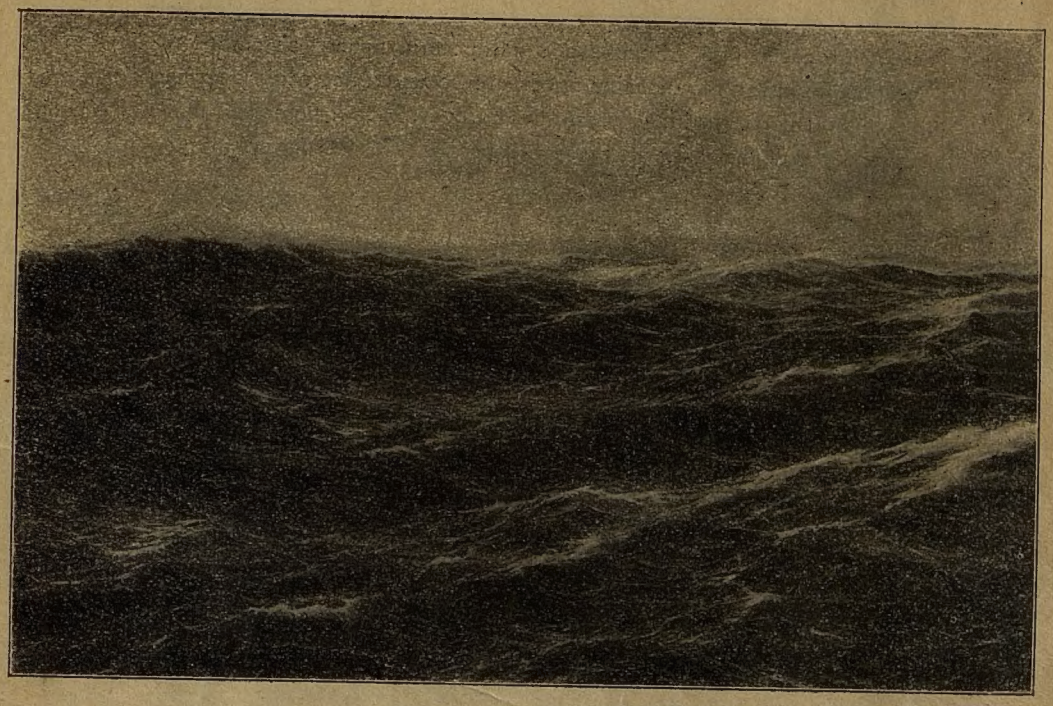
ИЮЛ 1939

Шифр
Инв.№ 1761

1761/1

38130

Океанографія.



Океанъ.—Сильное волненіе.

БИБЛИОТЕКА
ЛЕНИНГРАДСКОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

БИБЛИОТЕКА
МОСКОВСКОГО
Гидро-Метеорологическ
2413
ИНСТИТУТА

1917.

Согласно § 33 „Закона объ авторскомъ правѣ“ за авторомъ сохранено право перевода на иностранные языки настоящаго труда.

Желающіе имѣть діапозитивы съ рисунковъ и чертежей приглашаются обращаться къ автору (Торговая, 27. Петроградъ).

Артистическое заведеніе Т-ва А. Ф. МАРКСЪ. Петроградъ. Измайловскій пр., 29.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

стр.

Списокъ картъ, рисунковъ и чертежей . . . . . VII—XIII

Предисловіе . . . . . *I—IV*

Введеніе въ изученіе океанографіи . . . . . *5—69*

Древнее время, [6]. — Средніе вѣка и эпоха Возрожденія, [13]. — Развитіе океанографіи послѣ эпохи великихъ открытій, [23].—Развитіе океанографіи отъ плаваній Кука до плаванія *Challenger'a*, [29].—Начало собственно океанографическихъ изслѣдованій, плаваніе *Challenger'a* и другихъ экспедицій до 1917 г., [48].

Предметъ океанографіи 1

Глава I.—Распредѣленіе суши и воды по земному шару. . . . . . 3—10

Расчлененность суши и единство воды, [3]. — Характеристика сѣвернаго и южнаго полушарій, [4].—Распредѣленіе суши и воды по широтамъ, [5]. — Материковое и водное полушарія, [6]. — Раздѣленіе Мірового океана, [7].—Площади океановъ и морей, [10].

Глава II.—Уровенная поверхность океановъ и морей . . . . . 11—17

Понятіе объ уровенной поверхности, [11]. — Колебанія уровня, [12]. —Средній уровень и его значеніе для науки, [16].

Глава III.—Рельефъ ложа океановъ и морей . . . . . 17—51

Историческая замѣтка о способахъ измѣренія глубинъ, [17]. — Современные способы и приборы для измѣренія глубинъ, [22]. — Способы изображенія рельефа дна океановъ, [30].— Рельефъ дна трехъ главныхъ океановъ, [32].— Главныя характерныя черты рельефа океаническаго ложа, [46]. — Общіе выводы относительно рельефа дна Мірового океана, [47].

Глава IV.—Грунтъ дна океановъ и морей . . . . . 52—64

Приборы для доставанія грунта дна, [52]. — Историческая замѣтка объ изученіи отложеній на днѣ океановъ, [54].—Характеръ грунтовъ дна океановъ по Мёррею и Ренару, [55].—Географическое распредѣленіе грунтовъ по дну океановъ и морей, [57]. — Соотношенія между отложеніями на днѣ океановъ и осадочными породами твердой земной коры, [63]. — Относительная древность океаническихъ впадинъ, [64].

Глава V.—Составъ и соленость водъ океановъ и морей . . . . . 67—116

Вода въ природѣ вообще, [65]. — Морская вода, ея составъ и его опредѣленіе, [66].—Понятіе о солености, удѣльномъ вѣсѣ и плотности морской воды, [68].—Способы и приборы для собиранія и храненія образцовъ морской воды, [70].—Способы опредѣленія солености морской воды, [77].—Опре-

стр.

дѣленіе солености морской воды по ея удѣльному вѣсу, [78].—Физико-географическія причины, управляющія распредѣленіемъ солености по поверхности океановъ и морей, [87].—Географическое распредѣленіе солености по поверхности океановъ и морей, [87]. — Географическое распредѣленіе плотности морской воды по поверхности океановъ, [98]. — Сжимаемость воды и давленіе на глубинахъ, [99].—Распредѣленіе солености и плотности на глубинахъ океановъ и морей, [99].—Газы, находящіеся въ морской водѣ, [108].—Распредѣленіе газовъ, поглощенныхъ водою, на поверхности и на глубинахъ въ океанахъ и моряхъ, [110].—Происхожденіе солей, [115].

Глава VI.—Температура водъ океановъ и морей . . . . . 117—213

I.—Приборы и способы наблюденія температуры воды на поверхности и глубинахъ, [117].—Нѣкоторыя физическія свойства воды вообще и морской воды, [125]. — Источники тепла, нагрѣвающіе водную поверхность, [127]. — Суточный и годовой ходъ температуры воды на поверхности океановъ и морей, [127]. — Географическое распредѣленіе температуры воды на поверхности океановъ и морей, [132]. — Распредѣленіе температуры воды на глубинахъ океановъ и морей, [140].

II.—Замерзаніе прѣсной и морской воды, [177].—Морской ледъ; ледяныя поля и ихъ образованіе, полярный пакъ, [184].—Ледяныя горы, ихъ образованіе и ихъ характеръ въ обоихъ полушаріяхъ, [193]. — Географическое распредѣленіе пловучихъ льдовъ, [202].—Условія полярныхъ плаваній и путешествій по полярнымъ льдамъ, [206].

III.—Значеніе солености въ экономіи природы, [210].

Глава VII. — Прозрачность, цвѣтъ и сверканіе морской воды. — Распространеніе звука . . . . . 213—225

I.—Прозрачность, [213].—Проникновеніе свѣта въ воду, [213]. — Прозрачность морской воды, [214].—Способы наблюденія прозрачности воды, [214].—Результаты наблюденій и предѣлъ вертикальнаго проникновенія свѣта въ океанахъ, [216].

II.—Цвѣтъ воды, [217]. — Способы наблюденія цвѣта воды, [219]. — Собственный цвѣтъ воды, [220].—Зависимость цвѣта воды отъ находящихся въ ней взвѣшенныхъ частичекъ, [220].—Цвѣтъ воды океановъ, морей и озеръ, [221].—Распредѣленіе цвѣта воды въ океанѣ и въ моряхъ, [222].

III.—Сверканіе въ морской водѣ и причина его, [223].

IV.—Распространеніе въ водѣ звуковыхъ волнъ, [225].

Движеніе воды въ океанахъ и моряхъ 226

Глава VIII.—Волненіе . . . . . 226—284

I.—Описаніе явленія волненія, [226]. — Историческая замѣтка объ изученіи явленія волненія, [229]. — Характеръ волненія, волны: вѣтровыя, стоячія и отъ землетрясеній, [231]. — Понятіе о трохоидальной теоріи волненія и приложеніе ея къ объясненію явленія волненія въ природѣ, [232].—Элементы волны, [236].—Внутреннее строеніе волны, [239].—Способы наблюденія элементовъ волнъ въ природѣ, [246].—Характеръ волненія въ открытомъ океанѣ, [251].—Результаты наблюденій и нѣкоторые выводы изъ нихъ, [253]. — Видоизмѣненіе волненія съ уменьшеніемъ глубины. Прибой, толчея, бурунъ, [263].—Вліяніе на волненіе распространенія на поверхности воды масла или скопленій мелкихъ плавающихъ предметовъ, [274].

стр.

II.—Волны отъ землетрясеній, [276].

III.—Стоячія волны, сейши. [280].

Глава IX.—Приливы . . . . . 284—403

Описаніе явленія прилива, [284]. — Историческая замѣтка объ изученіи приливовъ, [286].—Понятіе о причинахъ явленія, лунный и солнечный приливы, [289].—Суточное и параллактическое неравенства прилива, [307].—Полумѣсячное неравенство прилива, [315].—Сводъ разобранныхъ выше условій явленія прилива, [320].—Неравенства второстепеннаго значенія, [321].—Выводъ горизонтальной и вертикальной составляющихъ приливообразующихъ силъ и нахожденіе величины амплитудъ луннаго и солнечнаго приливовъ, [322].—Условія, при которыхъ приливъ происходитъ на Землѣ, отличіе ихъ отъ теоретическихъ, и вытекающія отсюда усложненія явленія, [331].—Статическая теорія равновѣсія прилива и динамическая теорія прилива, [333].—Прикладной часъ и его значеніе для предсказанія прилива; возрастъ прилива, [338].—Предсказаніе прилива помощью гармоническаго анализа, [347].—Таблицы приливовъ русскія и иностранныя, [351].—Наблюдаемый на Землѣ характеръ приливовъ и примѣры ихъ, [355].—Приливы у береговъ Россіи и въ Тихомъ ок., [359].—Распространеніе приливовъ по океану; котидальныя линіи, [360]. — Амплитуды приливовъ въ разныхъ мѣстахъ океановъ, [370].—Приливныя и отливныя теченія, [383].—Приливы въ рѣкахъ, [391].—Использованіе силы приливовъ, [396].—Приборы для наблюденія приливовъ, [397].

Глава X.—Теченія . . . . . 405—564

Описаніе явленія океаническихъ теченій, [405]. — Историческая замѣтка объ изученіи теченій, [406].—Раздѣленіе теченій, [413].—Способы изслѣдованія теченій, [414].—Способы обработки наблюденій, произведенныхъ на судахъ и изображеніе ихъ на картахъ, [441].—Вліяніе вращенія земли, [449]. — Причины океаническихъ теченій, [456].—Общая схема теченій океановъ, [485].—Описаніе теченій океановъ: Атлантическій океанъ, [486].—Индійскій ок., [537].—Тихій океанъ, [542].—Непрерывное кольцо Восточнаго теченія въ большихъ широтахъ всѣхъ трехъ океановъ и теченія въ антарктическихъ водахъ, [551].—Глубоководныя теченія во всѣхъ трехъ океанахъ и вертикальный круговоротъ воды въ каждомъ изъ нихъ, [554].

Послѣсловіе. . . . . . 565—579

Таблицы . . . . . 580—586

Указатель литературы . . . . . 587—596

Алфавитный указатель авторовъ, судовъ и предметный . . . . . 597—614

Замѣченныя опечатки 615

Карты, рисунки и чертежи.

Введеніе.

Фиг.			стр.
I.	Карта эпохи великихъ открытій	значительно передѣлана.	17
II.	„ океанографическихъ экспедицій	тоже.	31
III.	Батометръ Ленца-Паррота		35
IV. V.	Глубомѣръ Ленца		36 37
VI.	Карта международныхъ изслѣдованій сѣверо-западныхъ морей Европы	вновь составлена.	61
VII. VIII.	Карты степени обслѣдованности суши и рельефа дна океана	вновь составлены.	66 67

Глава I.

1.	Распредѣленіе суши около сѣвернаго полюса. Водораздѣлъ земного шара		5
2.	Распредѣленіе суши и воды по полушаріямъ		—
3.	Распредѣленіе суши около южнаго полюса		6
4.	Распредѣленіе суши и водъ по зонамъ широтъ		—
5.	Материковое и водное полушаріе и области внутреннихъ бассейновъ		7

Глава II.

6.	Годовой ходъ уровня Чернаго м. и Балтійскаго м. у Кронштадта	оригинальный чертежъ.	13
7.	Колебанія уровня въ Аденѣ		14
8.	Колебанія уровня изъ года въ годъ въ Черномъ м. и въ Балтійскомъ м., у Кронштадта	оригинальный чертежъ.	15

Глава III.

9.	Лотъ Брука		21
10.	Схема глубомѣра Томсона		23
11.	Общій видъ глубомѣра Томсона		24
12.	Глубомѣръ Сигсби		25
13.	Глубомѣръ Люкаса		26
14.	Глубоководный лотъ		30
15.	Первая карта глубинъ Мори		31
16.	Рельефъ дна Мірового ок. Два полушарія въ равноплощадной проекціи	оригинальная обработка.	34

Фиг.		стр.
17.	Глубоководная впадина у Маріанскихъ о-въ	37
18.	Рельефъ дна Арктическаго моря	40
19.	Уклонъ дна въ Тихомъ ок. у о-ва Гуама въ естественномъ масштабѣ	оригинальный чертежъ. 48
20.	Гипсографическая кривая	50
	Глава IV.	
21.	Храпъ Леже	52
22.	Глубоководный лотъ съ трубкою для доставанія грунта	53
23.	Драга	—
24.	Драгирующее судно	54
25.	Распредѣленіе грунта дна океана	оригин. обработка. 56
26.	Globigerinida buloides	60
27.	Hastingerina pelagica	61
28.	Скорлупки глобигеринидъ	—
29.	Глобигериновый илъ	—
30.	Діатомовый илъ	62
31.	Радіоляріи	—
32.	Радіоляріевый илъ	63
	Глава V.	
33.	Батометръ для малыхъ глубинъ	оригинал. чертежъ. 71
34.	Батометръ Сигсби	72
35.	Батометръ Петтерсона-Нансена	73
36.	Поворотный батометръ съ кранами	75
37.	Стеклянный ареометръ	79
38.	Шкала ареометра	80
39.	Графическое опредѣленіе поправокъ ареометра	оригинал. чертежъ. 81
39-а/39-б	Шейка ареометра	83
40.	Распредѣленіе по широтамъ Атлантическаго океана: солености, осадковъ, испаренія, плотности и температуръ воды и воздуха	идея заимствована, но обработана оригинально. 89
41.	Географическое распредѣленіе солености по поверхности океановъ	оригинальная обработка. 92
42.	Географическое распредѣленіе плотности по поверхности океановъ	оригинальная обработка. 100
43.	Распредѣленіе солености, плотности и температуръ на глубинахъ океановъ	оригинальный примѣръ и чертежъ. 102
44.	Распредѣленіе солености на глубинахъ Атлантич. ок.	103
45.	Распредѣленіе плотности на глубинахъ Атлантич. ок.	105
46.	Распредѣленіе кислорода на глубинахъ Атлантич. ок.	111
47.	Распредѣленіе недостатка кислорода на глубин. Атлантич. ок.	111
	Глава VI.	
48.	Термометръ для поверхности воды	118
49.	Термометръ для наибольшей и наименьшей температуръ.	120
50.	Глубоководный термометръ Негретти	122
51.	Глубоководный термометръ Рихтера	123
52.	Рама системы Миля	124

Фиг.		стр.
53.	Географическое распредѣленіе годовыхъ колебаній температуры воды	оригинальная обработка. 131
54.	Географическое распредѣленіе температуры воды по поверхности за годъ	оригинальная обработка. 134
55.	Распредѣленіе температуры на глубинахъ Атлантич. ок. (графикъ)	оригинальный примѣръ и чертежъ. 141
56.	Распредѣленіе температуры на глубинахъ Тихаго океана (графикъ)	оригинальный примѣръ и чертежъ. 142
57.	Распредѣленіе температуры на глубинахъ Индійскаго ок. (графикъ)	оригинальный примѣръ и чертежъ. 143
58.	Распредѣленіе температуры на глубинахъ Атлантич. ок. (меридіан. разрѣзъ)	146
59.	Распредѣленіе температуры на глубинахъ Индійскаго ок. (меридіан. разрѣзъ)	147
60.	Распредѣленіе температуры на глубинахъ Тихаго океана (меридіан. разрѣзъ)	148
61.	Распредѣленіе придонныхъ температуръ	149
62.	Распредѣленіе температуры, солености и плотности на глубинахъ Сѣв. Полярнаго м.	152
63.	Распредѣленіе температуры, солености и плотности на глубинахъ Южнаго Полярнаго пространства	оригинальный примѣръ и чертежъ. 155
64.	Распредѣленіе температуры воды на глубинѣ 400 метровъ.	162
65.	Распредѣленіе на глубинахъ Атлантич. ок. температуры, плотности и кислорода	165
66.	Вертикальный обмѣнъ водъ въ Атлант. ок.	166
67.	Разрѣзъ по паралл. Гибралт. прол.	170
68.	Слой температурнаго скачка	178
69.	Зависимость между температурами $t°$ и $\Theta°$ и соленостью.	182
70.	Начало образованія тороса	новая фотографія. 186
71.	Торосъ въ Сѣв. Полярномъ морѣ	187
72.	Торосистый ледъ	188
73.	Береговой торосъ у Таймырскаго пол-ва	новая фотографія. 190
74.	Напоръ льдовъ на судно	191
75.	Ледяная гора въ Баффиновомъ м.	194
76.	Ледяная гора въ Баренцовомъ м.	195
77.	Схема возникновенія ледяныхъ горъ	196
78.	Ледникъ на Новой Землѣ	новая фотографія. —
79.	Ледникъ на Новой Землѣ	новая фотографія. 197
80.	Ледяной барьеръ Д. К. Росса	200
81.	Столообразная ледяная гора, Индійскій ок.	201
82.	Ледяная столообразная гора, значительно обтаявшая	202
	Глава VII.	
83.	Дискъ Секки	215
84.	Шкала для опредѣленія цвѣта воды	219
	Глава VIII.	
85.	Построеніе циклоиды и трохоиды	233
86.	Колебательное движеніе частицъ воды	235

Фиг.		Стр.
87.	Трохоидальныя волны разныхъ видовъ	новый чертежъ. 237
88.	Внутреннее строеніе волны	239–242
89.	Внутреннее строеніе волны	244
90.	Кажущійся вѣсъ частицы на волненіи	новый чертежъ. —
91.	Положеніе поплавковъ и корабля на волненіи	245
92.	Приборъ Фруда	247
93.	Опредѣленіе скорости, періода и длины волны	248
94.	Видъ вѣтровыхъ волнъ	253
95.	Сильное волненіе	новая фотографія. 254
96.	Происхожденіе ошибочныхъ опредѣленій высотъ волнъ .	новый чертежъ. 256
97.	Результатъ интерференціи волнъ.	257
98.	Прибой на отмеломъ берегу	266
99.	Схема прибоя на отмеломъ берегу	—
100.	Загибаніе прибоя у отмелаго берега	267
101.	Прибой на о-вѣ Мадера	новая фотографія. 268
102.	Взбросъ у мола Сенъ-Жанъ-де-Люцъ	новая фотографія, 269
103.	Прибой у волнолома въ Коломбо	новая фотографія. 270
104.	Прибой у берега Гернсея	новая фотографія. 271
105.	Динамометръ Стевенсона	—
106.	Бурунъ около о-ва Гернсея	новая фотографія. 274
107.	Ящикъ братьевъ Веберъ.	281
108.	Одноузловая сейша	—
109.	Двухузловая сейша	—
110.	Сейши въ Севастополѣ	283
	Глава IX.	
111.	Колебанія уровня при приливѣ	новый чертежъ. 285
112.	Общая ось обращенія Земли и Луны	291
113.	Четыре крайнихъ положенія Земли	293
114.	Сложеніе центробѣжной силы и силы тяготѣнія къ Лунѣ.	294
115.	Направленія и относительныя величины приливообразующей силы Луны	296
116.	Горизонтальныя составляющія приливообразующей силы Луны	302
117.	Разрѣзъ луннаго эллипсоида прилива по экватору . . .	новый чертежъ. 305
118.	Горизонтальныя составляющія приливообразующей силы Луны въ наибольшемъ сѣверномъ склоненіи . . .	307
119.	Разрѣзъ луннаго эллипсоида прилива по меридіану. . .	новый чертежъ. 309
120.	Стереографическая проекція эллипсоида прилива	311
121.	Кривыя колебанія уровня на экваторѣ и на 10° с. ш. и 30° ю. ш.	313
122.	Объясненіе сизигійнаго и квадратурнаго приливовъ . . .	новый чертежъ. 316
123.	Объясненіе сложенія луннаго и солнечнаго приливовъ. .	новый чертежъ. 317
124.	Объясненія сложенія луннаго и солнечнаго приливовъ. .	новый чертежъ. 320
125.	Выводъ горизонтальной и вертикальной составляющихъ приливообразующей силы	новый чертежъ. 322
126.	Воображаемый каналъ въ океанѣ	новый чертежъ. 327
127.	Построеніе синуссоиды	345

Фиг.		стр.
128. Сложеніе двухъ синуссоидъ		345
129. Сложеніе трехъ синуссоидъ		346
130. Схема предсказателя приливовъ Кельвина	новый чертежъ.	349
131. Предсказатель приливовъ Кельвина	новая фотографія.	350
132. Образцы таблицъ приливовъ		355
133. Кривыя колебанія уровня въ Брестѣ, Сантонѣ, Кинонѣ, Досонѣ и Виллетсъ-Пойнтѣ	новый чертежъ.	378
134. Кривая прилива на о-вѣ Гогландѣ	новый чертежъ.	290
135. Кривыя колебанія уровня въ Екатерин. гавани, Орловскомъ м., Кеми, Кандалакшѣ и на рейдѣ Заря	новый чертежъ.	392
136. Кривыя колебанія уровня въ Лангрѣ, Тоунсендѣ, Гонолулу и Папете	новый чертежъ.	364
137. Карта Татарскаго пролива		365
138. Котидальныя линіи Уевеля		367
139. Котидальныя линіи Гарриса		369
140. Карта залива Фунди	новый чертежъ.	372
141. Амплитуды приливовъ въ зал. Фунди	новый чертежъ.	373
142-а. Монктонъ. Полная вода	новая фотографія.	374
142-б. Монктонъ. Малая вода	новая фотографія.	375
143. Амплитуды приливовъ у Патагоніи	новый чертежъ.	376
144. Карта французскаго берега Ламанша	новый чертежъ.	377
145-а. Гранвиль. Полная вода	новая фотографія.	378
145-б. Гранвиль. Малая вода.	новая фотографія.	—
146-а) 146-б) Берегъ у Гранвиля въ полную и малую воду	новыя фотографіи.	279
147. Амплитуды приливовъ у французскаго берега Ламанша	новый чертежъ.	380
148. Карта Бристольскаго залива	новый чертежъ.	—
149. Амплитуды приливовъ въ Бристольскомъ заливѣ	новый чертежъ.	382
150. Орбита частицы воды		384
151. Приливныя теченія у маяка Тершеллингеръ	новый чертежъ.	385
152. Орбита частицы на малой глубинѣ		386
153. Схема движенія частицъ въ волнѣ		387
154. Приливныя и отливныя теченія въ Ламаншѣ, Нѣмецкомъ и Ирландскомъ м.	новый чертежъ.	388
155. Боръ на р. Сэвернъ	новая фотографія.	394
156. Кривая повышенія уровня при борѣ въ Монктонѣ		395
157. Боръ въ Монктонѣ	новая фотографія.	396
158. Футштокъ		398
159. Уровнемѣръ Рорданца	новый чертежъ.	402
160. Кривая прилива въ Екатерин. гав.		403
161. Установка уровнемѣра на берегу		404
Глава X.		
162. Карта теченій А. Кирхера		409
163. Карта Гольфстрима Франклина		411
164. Карта теченій Реннеля		412
165. Поплавки Митчеля		418
166. Вертушка Экмана		419

Фиг.			стр.
167.	Карта плаваній поплавковъ пр. Монакскаго		422
168.	Двѣ бутылки		423
169.	Карта плаваній бутылокъ	новая карта.	426
170.	Плавникъ на Хромской стрѣлкѣ	новая фотографія.	427
171.	Плавникъ на о-вѣ Диксона	новая фотографія.	—
172.	Плавникъ на Новой Землѣ	новая фотографія.	428
173.	Macrocistis pyrifera		429
174.	Дрейфъ остатковъ судовъ	новая карта.	431
175.	Гидрологическій разрѣзъ Нансена		436
176.	Гидрологическій разрѣзъ Нансена отъ Гибралтара до Ирландіи		438
177.	Карта теченій изъ англійскаго атласа за Іюль для сѣв. Индійскаго ок.		445
178.	Карта теченій изъ голландскаго атласа за Іюль для сѣв. Индійскаго ок.	новый чертежъ.	446
179.	Карта теченій изъ нѣмецкаго атласа за Январь для сѣв. Индійскаго ок.	новый чертежъ.	447
180.	Карта теченій у Игольнаго мыса изъ голландскаго атласа.	новый чертежъ.	448
181.	Уклоняющая сила земли	новый чертежъ.	450
182.	Тоже	новый чертежъ.	451
183.	Тоже	новый чертежъ.	453
184.	Меридіанальный разрѣзъ Атлантич. ок. съ изобарами и изостерами		459
185.	Динамическій разрѣзъ Сѣверно-Европейскаго м.		461
186.	Динамическая карта Сѣверно-Европейскаго м.		462
187.	Вращеніе теченія съ глубиною по Экману	новый чертежъ.	466
188.	Доказательство закона Экмана	новый чертежъ.	468
189.	Вліяніе глубины на законъ Экмана	новый чертежъ.	473
190.	Вліяніе градіента давленія на теченія	новый чертежъ.	474
191.	Вліяніе берега на теченія	новый чертежъ.	475
192.	Два потока	новый чертежъ.	478
193.	Примѣръ бассейна тропической части Атлантич. ок.		—
194.	Карта Экваторіальнаго теченія Атлант. ок. изъ англійскаго атласа	новый чертежъ.	479
195.	Вліяніе рельефа дна на теченія		480
196.	Схема океаническихъ теченій		485
197.	Обзорная карта теченій Мірового ок. зимою и лѣтомъ	новыя карты.	488
198.	сѣвернаго полушарія		489
199.	Карты вѣтровъ Атлантич. ок. зимою и лѣтомъ сѣвернаго		
200.	полушарія		491
201.	Карта Флоридскаго пролива	новая карта.	494
202.	Разрѣзы Гольфстрима во Флоридскомъ пр., скорости и		
203.	температуры		494
204.	Разрѣзъ Гольфстрима у м. Гаттерасъ		496
205.	Саргассово море		500
206.	Гольфстримъ въ Сѣверно-Европейскомъ м. Соленость на глубинѣ 500 м.	переработанный чертежъ.	503

Фиг.		стр.
207.	Разрѣзъ вдоль Норвежскаго Атлант. теченія въ Сѣверн.-Европейскомъ м.	видоизмѣненный чертежъ. 504
208.	Рельефъ дна около порога У. Томсона	видоизм. чертежъ. 505
209/210	Разрѣзы между Фарёрскими о-ми и Шетландскими о-ми.	506
211.	Гидрологическій разрѣзъ черезъ порогъ У. Томсона	507
212/213	Карты распредѣленія солености на глубинѣ 100 м. въ Сѣверно-Европейскомъ м.	508 509
214.	Гидрологическій разрѣзъ Шпицберг. вѣтви Атлантическаго теченія	видоизмѣненный чертежъ. 510
215.	Нордкапская вѣтвь Атлант. теченія	511
216.	Дрейфы судовъ и буевъ въ Сѣв. Поляриомъ м.	новая карта. 514
217.	Годовой ходъ температуры на Фарёрскихъ о-хъ	518
218.	Сравненіе температуръ воды на маякахъ Норвегіи и воздуха въ Орёбро въ Швеціи	519
219.	Вліяніе Атлант. теченія на температуру воздуха въ Норвегіи.	—
220.	Вліяніе Гольфстрима и Атлантическаго теченій на изгибы изотермъ воды	520
221.	Граница льдовъ въ Апрѣлѣ по наблюденіямъ 1896—1907 г.	
222.	Граница льдовъ въ Іюлѣ по наблюденіямъ 1896—1907 г.	521
223.	Вліяніе Атлантическаго теченія на льды въ Баренцовомъ м.	
224.	Вліяніе Атлант. теченія на растительность	522
225.	Зависимость между температурою Атлантическаго теченія и уловомъ рыбы	523
226-а/226-б	Вліяніе Атлантическаго теченія на климатъ Великобританіи и льды Атлант. ок.	525 новый чертежъ. 526
227.	Холодныя теченія южнаго Атлантическаго ок.	новая карта. 528
228.	Поверхностныя теченія Нѣмецкаго м.	530
229/230	Теченія въ Гибралтарскомъ пр.	532
231.	Теченія Средиземнаго моря	533
232.	Пути бутылокъ въ Каспійскомъ м.	новая карта. 536
233/234	Вѣтры Индійскаго и западнаго Тихаго ок. лѣтомъ и зимою.	538
235.	Пути бутылокъ въ Охотскомъ м. и Тихомъ ок.	550
236.	Дрейфы бутылокъ и судовъ въ антарктич. водахъ	новая карта. 553
237.	Схема поверхностнаго и глубиннаго круговоротовъ воды въ океанахъ	556
238.	Схема вертикальныхъ движеній въ океанахъ въ антарктическихъ широтахъ	видоизмѣненный чертежъ. 557
239.	Меридіанальный гидрологическій разрѣзъ южнаго Атлантическаго ок.	передѣланный вновь чертежъ. 561
	Іослѣсловіе.	
240.	Разрѣзъ Сѣверно-Европ. м. отъ Шетландскихъ о-въ по Гринвичскому меридіану 1876—1878 г.	568
241.	Разрѣзъ Сѣверно-Европ. м. отъ Шетландскихъ о-въ по Гринвичскому меридіану 1900—1904 г.	569

Фиг.		стр.
242.	Три примѣра гидрологическихъ разрѣзовъ	570
243.	Четыре гидрологическихъ разрѣза Согне-фіорда 1901—1904 г.	571
244.	Четыре гидрологическихъ разрѣза Согне-фіорда для Февраля, Мая, Августа и Ноября 1903 года	572
245.	Сравненіе вертикальныхъ рядовъ температуръ *Michael Sars* и *Challenger* въ 1876 и 1910 г.	574
246.	Сравненіе вертикальныхъ рядовъ температуръ *Michael Sars* и *Challenger* въ 1873 и 1910 г.	574
247.	Сравненіе вертикальныхъ рядовъ температуръ, соленостей и плотностей *Planet* и *Möwe*	575

ПРЕДИСЛОВІЕ.

При составленіи настоящаго труда я руководился цѣлью описать явленія, происходящія въ океанѣ, и вмѣстѣ съ тѣмъ дать картину ихъ взаимодѣйствія, чтобы читатели могли получить представленіе о томъ большомъ значеніи Мірового океана для земного шара, какое онъ имѣетъ въ природѣ и которое для жителей столь большой страны, какъ Россія, представляющей 1 : 6 долю всей суши, не всегда видно.

При выполненіи поставленной задачи, главы о распредѣленіи суши и воды, уровнѣ океана, рельефа и грунтѣ дна изложены болѣе сжато, нежели послѣдующія, потому что подробности этихъ вопросовъ не имѣютъ столь большого значенія для пониманія океанографіи, какъ температура, соленость и движенія морской воды. Все то, что̀ больше относится къ области Физической географіи, напримѣръ, морфологія земной коры, образованіе отложеній и т. п., изложено сжато; большее вниманіе обращено на явленія, происходящія въ самомъ океанѣ, при чемъ вездѣ указывается на непрерывность океана, для чего и введено названіе «Міровой океанъ».

Все то, что̀ признавалось менѣе необходимымъ, напечатано мелкимъ шрифтомъ, и тѣмъ самымъ оно легко отдѣляется. Для облегченія вниманія читателя заголовки разныхъ статей выдѣлены различными шрифтами; также и названія и имена собственныя выдѣлены курсивомъ и разрядкою. Этимъ же послѣднимъ способомъ обращено вниманіе и на нѣкоторые предметы въ текстѣ

Въ русскомъ языкѣ очень слабо разработаны названія различныхъ особенностей рельефа земной коры вообще. Здѣсь я попробовалъ пополнить этотъ пробѣлъ для подводнаго рельефа и предложить нѣсколько русскихъ названій для главнѣйшихъ особенностей рельефа дна океановъ,

какъ-то: материковая отмель *), материковый склонъ, ложе океана, глубоководная впадина. При изложеніи я старался избѣгать не точныхъ выраженій, такъ легко распространяющихся въ языкѣ; тщательно слѣдилъ, чтобы не сказать: плоскость, гдѣ надо поверхность, кругъ вмѣсто окружность, день вмѣсто сутокъ, періодъ вмѣсто промежутокъ времени, высота прилива вмѣсто амплитуда его и т. п. Вмѣсто постоянно употребляемаго выраженія: вертикальная серія наблюденій или, еще хуже, серіальныя наблюденія, вездѣ поставлено — вертикальный рядъ наблюденій, и вообще иностранныя слова замѣнены по возможности русскими; конечно, кромѣ такихъ выраженій, для которыхъ нѣтъ соотвѣтствующихъ русскихъ словъ, или морскихъ терминовъ, укрѣпившихся у насъ со временъ Петра I.

При изложеніи обращено больше вниманія на океанографическія явленія, и для нихъ дано много графиковъ, чертежей и картъ, многія изъ нихъ новыя или заново переработаны. Карты всѣ построены вновь, и тѣ изъ нихъ, кои служатъ для поясненія распространенія описываемыхъ явленій по земному шару, даны въ равноплощадныхъ проекціяхъ, а не въ меркаторской, столь часто для этой цѣли употребляемой. Почти всѣ чертежи переработаны и вычерчены вновь; весьма многіе изъ нихъ появляются впервые. Вообще старались избѣгать перепечатки чертежей изъ разныхъ курсовъ, въ которыхъ они переходятъ изъ одного въ другой и повторяются въ теченіе десятковъ лѣтъ безъ измѣненій. Чертежей приборовъ дано не много, указаны только типы приборовъ и тѣ требованія, какимъ они должны удовлетворять. Приборы мѣняются, особенно теперь, и потому достаточно указать ихъ основанія; тому, кто будетъ работать по океанографіи, легко будетъ разобраться съ особенностями приборовъ, когда это понадобится, если онъ знаетъ океанографію и понимаетъ тѣ условія, какимъ приборъ долженъ удовлетворять. Если же знаніе приборовъ основано главнымъ образомъ на подробномъ ихъ описаніи, а не на пониманіи сущности дѣла, то наблюденія и океанографія отъ этого мало выиграютъ.

Для облегченія читателя вездѣ сдѣланы ссылки на чертежи и страницы, гдѣ находятся соотвѣтствующія данному мѣсту текста описанія явленій, чтобы облегчить отысканіе ихъ и вмѣстѣ съ тѣмъ напоминать о существованіи непрерывной связи между всѣми явленіями въ океанѣ.

---

*) Исходя изъ гидрографическаго понятія объ отмели.

Бо̀льшая часть числовыхъ примѣровъ подыскана вновь въ наблюденіяхъ различныхъ экспедицій, а не заимствована изъ другихъ курсовъ; при этомъ оказалось возможнымъ найти примѣры и изъ русскихъ работъ, что̀ вездѣ, гдѣ можно, и сдѣлано. Въ главѣ о волненіи и приливахъ многія фотографіи новыя, иногда нарочно снятыя для настоящаго труда. Потому всѣ чертежи, карты, рисунки и фотографіи представляютъ собственность автора и не могутъ быть перепечатываемы и вообще заимствованы для какихъ бы то ни было цѣлей безъ его разрѣшенія.

Вездѣ, гдѣ справедливость того требовала, было указано на русскія работы, и труды русскихъ людей на пользу океанографіи не упущены упоминаніемъ, а въ историческомъ обзорѣ во «Введеніи» имъ удѣлено достодолжное мѣсто. Русскіе люди должны знать и помнить, что̀ сдѣлано славнаго предшествующими поколѣніями, гордиться этимъ и въ свою очередь дать возможность и право потомкамъ такъ же относиться и къ нимъ самимъ.

Чтобы не усложнять текста, въ немъ сдѣлано мало ссылокъ на литературу предмета; въ концѣ книги приведенъ списокъ главнѣйшихъ источниковъ, какими пользовались при составленіи труда.

Подобная работа не можетъ быть произведена безъ содѣйствія и дружескаго участія многихъ лицъ. Прежде всего необходимо упомянуть о большомъ вниманіи, оказанномъ моему труду однимъ изъ наиболѣе выдающихся русскихъ ученыхъ въ этой области, недавно скончавшимся А. И. Воейковымъ, который успѣлъ прочесть всю часть книги до движенія воды и далъ мнѣ цѣнныя указанія относительно многихъ отдѣловъ труда. Большую благодарность приношу также М. В. Никитину и Г. И. Шульгину, просматривавшихъ многіе отдѣлы и сдѣлавшихъ цѣнныя замѣчанія, а также А. Н. Крылову за его совѣты относительно главы о волненіи. Весьма много обязанъ В. М. Сухомелю за просмотръ главъ о движеніи воды и особенно за оказанную имъ существенную помощь при совмѣстной обработкѣ теоретической части главы о приливахъ и нѣкоторыхъ частей главы о теченіяхъ, а также и за просмотръ корректуры главъ о волненіи, приливахъ и теченіяхъ. Кромѣ того, глава о приливахъ была еще любезно прочтена В. В. Серафимовымъ, и имъ сдѣланы нѣкоторыя указанія; по этому же вопросу полезныя замѣчанія были сдѣланы и А. М. Бухтѣевымъ. Въ чтеніи корректуры много мнѣ помогали М. П. Мальчевскій и Л. Ф. Рудовицъ, благодаря замѣчаніямъ

коихъ многое могло быть исправлено во-время, послѣдній оказывалъ мнѣ помощь также и при составленіи чертежей и графиковъ. А. П. Лосевъ также любезно просмотрѣлъ нѣкоторые листы корректуры, Л. Л. Брейтфусъ предоставилъ мнѣ право воспользоваться нѣкоторыми его фотографіями и картами, а Б. Н. Кандиба сообщилъ мнѣ нѣкоторыя данныя о силѣ прибоя въ русскихъ моряхъ.

Начальникъ Главнаго Гидрографическаго Управленія М. Е. Жданко оказалъ мнѣ большую помощь при составленіи настоящаго труда, предоставивъ пользоваться и лично его матеріалами и богатыми данными и средствами Управленія, что и позволило мнѣ включить въ свой трудъ многіе примѣры изъ трудовъ русскихъ моряковъ и вообще облегчило мнѣ всю работу, за что и приношу ему и всѣмъ вышеуказаннымъ лицамъ искреннюю благодарность.

Ю. Шокальскій.

Петроградъ.
Февраль, 1917 г.

„3) Чинить Физическïе опыты, мною впредь показаны быть имѣющïя, которыя не токмо для истолкованïя натуры ученому свѣту надобны; и намъ чрезъ исканïе ихъ славны будутъ; но и въ самомъ семъ мореплаванïи служить впредь могутъ.

Плиній пишетъ: бесчисленное множество по всѣмъ открытымъ морямъ и къ странно-любивымъ берегамъ плаваетъ; но токмо для прибытковъ; не ради науки. И мысль ослѣпленная, и только лакомству внимающая, не разсуждаетъ, что само мореплаванïе чрезъ оную безопаснѣе быть можетъ".

„Краткое описаніе разныхъ путешествій по сѣвернымъ морямъ и показаніе возможнаго проходу Сибирскимъ океаномъ въ восточную Индію". § 113.
1763 года. ***М. Ломоносовъ.***

Введеніе въ изученіе океанографіи.

Нѣтъ, да и не можетъ быть науки, исторія развитія которой не была бы тѣсно связана съ возникновеніемъ и движеніемъ другихъ наукъ и на всемъ своемъ дальнѣйшемъ пути не переплеталась бы съ исторіей иныхъ, близкихъ къ ея предмету занятій, научныхъ дисциплинъ.

Драгоцѣннѣйшій даръ человѣческой мысли—пытливо относиться ко всему наблюдаемому,—съ первыхъ временъ умственнаго развитія людей заставлялъ ихъ интересоваться всѣмъ окружающимъ и всѣмъ ихъ поражавшимъ; въ природѣ же всѣ явленія тѣсно связаны одно съ другимъ, и потому результатъ такихъ наблюденій давалъ матеріалъ по самымъ разнообразнымъ предметамъ, нынѣ относимымъ къ различнымъ отраслямъ наукъ. Потому неудивительно, что и первыя свѣдѣнія по океанографіи накоплялись попутно съ увеличеніемъ запаса географическихъ познаній человѣчества вообще, при чемъ развитіе океанографіи тѣмъ менѣе можетъ быть обособлено, что̀, въ сущности, она есть часть географіи вообще.

Непремѣнное условіе накопленія географическихъ познаній есть путешествія. Географія имѣетъ своимъ предметомъ изученіе всѣхъ явленій, совершающихся на поверхности твердой земной коры, и слѣдовательно для ознакомленія съ этими явленіями необходимо посѣщеніе всѣхъ частей земной поверхности. Именно этимъ географическія науки и отличаются отъ многихъ другихъ отраслей знанія, которыя могутъ расти и развиваться, не требуя передвиженій по земной поверхности.

Насколько же затруднительны бываютъ путешествія, доказываетъ обстоятельство, что и въ настоящее время, въ XX столѣтіи, люди все еще не смогли ознакомиться со всею земною поверхностью и не посѣтили всѣхъ частей Мірового океана, не говоря уже объ ихъ подробномъ изслѣдованіи.

Древнее время.—Древнѣйшія цивилизаціи имѣли мѣсто среди народовъ, не обладавшихъ стремленіемъ къ мореходству, и потому никакихъ океанографическихъ данныхъ они собрать не могли. Первымъ мореходнымъ народомъ древности, свѣдѣнія о коемъ до насъ дошли, были финикіяне. Происхожденіе этого народа и время его поселенія на берегахъ Сиріи съ достовѣрностью неизвѣстны, какъ неизвѣстны и занятія его до поселенія на восточномъ берегу Средиземнаго моря, представляющемъ узкую полосу у подножія Ливанскихъ горъ, подступающихъ здѣсь очень близко къ берегу и не дающихъ простора для распространенія внутрь страны. Съ другой стороны этотъ берегъ на протяженіи двухъ градусовъ широты имѣетъ нѣсколько небольшихъ мысовъ, образующихъ удобныя мѣста для устройства гаваней.

Первыя свѣдѣнія, дошедшія до насъ о финикіянахъ (3.000 л. до Р. Х.), рисуютъ ихъ уже могущественнымъ мореходнымъ и торговымъ народомъ, который къ этому времени успѣлъ распространить свои колоніи далеко на западъ по берегамъ Средиземнаго моря. Одною изъ древнѣйшихъ колоній (около 1.100 л. до Р. Х.) былъ Гадиръ (Гадесъ по-римски и Кадиксъ — по-современному) или Тартессусъ; эта колонія много способствовала знакомству финикіянъ съ океаномъ. Другая колонія, Карѳагенъ, была основана немного позже тамъ, гдѣ лежитъ теперешній Тунисъ, ея жители сдѣлали очень много для изученія географіи, и отъ нихъ до насъ дошло единственное описаніе морского путешествія финикіянъ.

Финикіяне несомнѣнно были знакомы на востокѣ съ берегами Краснаго м. и Персидскаго зал. и берегами Африки въ Индійскомъ ок.

Сказаніе объ ихъ плаваніи вокругъ Африки при фараонѣ Нехо (VI ст. до Р. Х.) не было подтверждено до сихъ поръ *), однако самое существованіе такого сказанія, приводимаго Геродотомъ (IV в. до Р. Х.), показываетъ, что финикіяне плавали у береговъ Африки и въ Индійскомъ и въ Атлантическомъ ок.

Дѣйствительно историческимъ фактомъ является плаваніе кароагенскаго адмирала Гиппона (560 до Р. Х.), предпринятое для основанія колоній по западному берегу Африки. Въ это плаваніе кароагеняне дошли, повидимому, до 7°—8° с. ш.

Одновременно другой мореплаватель Кароагена — Гимилько совершилъ большое плаваніе вдоль западныхъ береговъ Европы и, повидимому, достигъ до о-въ Сцилли (юго-зап. оконечность Англіи), извѣстныхъ еще финикіянамъ подъ именемъ Кассатеридъ, откуда и тѣ и другіе добывали олово.

Финикіяне и кароагеняне были первыми народами древности, плававшими въ открытомъ морѣ и океанѣ безъ компаса. Греки и римляне даже много позднѣе не рѣшались удаляться отъ береговъ. Несомнѣнно, что плаванія по такому обширному пространству океана должны были обогатить финикіянъ многими свѣдѣніями относительно его физическихъ свойствъ, но, къ сожалѣнію, до насъ не дошло ничего изъ области ихъ знаній. Повидимому, они однако держались мнѣнія, что Атлантическій и Индійскій океаны образуютъ одну сплошную водную поверхность.

Когда финикійское владычество въ восточной части Средиземнаго м. стало падать, то ихъ мѣсто постепенно заняли греки (VIII з. до Р. Х.). Будучи иного характера и наклонностей, они при своихъ плаваніяхъ по морю стали изучать природу. Имъ принадлежитъ если не сама идея о сферичности земли, повидимому, заимствованная Талесомъ отъ египтянъ (VI в. до Р. Х), то во всякомъ случаѣ ея первое изложеніе, дошедшее до насъ, и первыя попытки изображенія земной поверхности на плоскости (Гомеръ—X в. и Анаксимандръ — VII в. до Р. Х.). Къ этому же времени относится и первое плаваніе грековъ по Средиземному м. до Гибралтарскаго пр., сопровождавшееся открытіемъ морского пути въ Гадесъ и основаніемъ первыхъ греческихъ колоній въ Западной части Средиземнаго м. (Массилія — Марсель, основанная фо-

*) На международномъ Географическомъ Конгрессѣ въ Женевѣ въ 1908 г. былъ по этому вопросу прочитанъ докладъ, основанный на разборѣ египетской надписи, потомъ оказавшейся поддѣлкою, описывавшей путешествіе финикіянъ вокругъ Африки.

кейцами въ 600 г. до Р. Х.). Всѣ эти открытія и изслѣдованія были нанесены Гекатомъ (VI в. до Р. Х.) на его карту и описаны имъ въ не дошедшемъ до насъ оригиналѣ.

Совокупность накопившихся къ этому времени матеріаловъ по различнымъ отраслямъ наукъ дала возможность появиться ученому, который впервые ихъ обработалъ и создалъ картину свѣдѣній, которою владѣли греки того времени. Геродотъ (450—420 г.) былъ не только ученый, но и путешественникъ и наблюдательный изслѣдователь; его собственный опытъ и все имъ собранное отъ другихъ позволило ему высказать твердое убѣжденіе въ единствѣ Индійскаго и Атлантическаго океановъ (послѣднее названіе встрѣчается у него первaго изъ писателей древности, хотя, очевидно, оно было уже въ употребленіи гораздо ранѣе). Онъ уже упоминаетъ о правильныхъ періодическихъ колебаніяхъ уровня въ Персидскомъ зал., т.-е. о приливахъ, незамѣтныхъ на берегахъ Средиземнаго м.

Въ это время (V в. до Р. Х.) въ Греціи географическая карта не представляла уже новости, съ этимъ способомъ изображенія земной поверхности греческій образованный міръ былъ знакомъ въ достаточной степени, настолько, что о географическихъ картахъ упоминается въ комедіяхъ Аристофана. Не дошедшіе до насъ въ оригиналѣ труды греческаго философа Эудокса (IV в. до Р. Х.) содержали полное описаніе земного шара въ девяти книгахъ. Онъ указывалъ, что населенная часть земли была въ два раза длиннѣе по параллели, нежели по меридіану, замѣчаніе совершенно справедливое по отношенію къ изображенію земной поверхности на картахъ Геката и Геродота. Появленіе подобныхъ описаній свидѣтельствуетъ о большомъ развитіи грековъ вообще и о значительномъ интересѣ ихъ къ географическимъ изслѣдованіямъ.

Въ IV вѣкѣ до Р. Х. фокейская колонія Массилія (Марсель) получила особенное развитіе, и ея граждане проявили большую энергію въ своихъ плаваніяхъ, руководимыхъ однимъ изъ выдающихся ученыхъ—Питеасомъ. Ему принадлежитъ опредѣленіе широты Массиліи (43°17′,1, а согласно новѣйшимъ даннымъ 43°17′,7) съ большою точностью, которая, вѣроятно, обязана случайности. Когда городъ собрался послать большую морскую экспедицію для открытія тѣхъ мѣстностей западной Европы, которыя посѣщались ранѣе финикіянами и карѳагенянами, но держались ими въ секретѣ отъ другихъ народовъ, то естественно, что Питеасъ вошелъ въ составъ этой экспедиціи.

Его путешествіе принесло цѣлый рядъ новыхъ физико-географическихъ свѣдѣній; экспедиція посѣтила берега Португаліи и Франціи, Ламаншъ, о-ва Сицилію съ залежами олова, Бристольскій зал. и берега Англіи и Шотландіи до Оркнейскихъ о-въ и собрала свѣдѣнія о существованіи далѣе, на полярномъ кругѣ, о-ва Тулэ (Исландія), долго считавшагося предѣломъ обитаемой земной поверхности.

Значительныя колебанія уровня моря въ Бристольскомъ зал. обратили особенное вниманіе Питеаса; онъ былъ первый, отмѣтившій совпаденіе моментовъ полныхъ водъ съ прохожденіемъ Луны черезъ меридіанъ и даже указавшій на существованіе полумѣсячнаго неравенства въ амплитудахъ приливовъ.

Другое плаваніе Питеаса несомнѣнно было доведено до Балтійскаго м., откуда имъ былъ вывезенъ янтарь, предметъ торговли финикіянъ, хотя въ точности неизвѣстно, откуда они его получали.

Въ это же время (384 — 321 до Р. Х.) на противоположной окраинѣ Средиземнаго м. жилъ еще болѣе знаменитый греческій ученый, труды котораго оказали глубокое вліяніе на движеніе науки на многія сотни лѣтъ послѣ него. Аристотель, подлинныя книги коего не дошли до насъ, собралъ въ нихъ все тогда извѣстное по всякимъ отраслямъ наукъ и по географіи тоже. Въ его трудѣ «Метеорологія» имѣлась глава, посвященная океану; въ ней онъ говоритъ о распредѣленіи суши и воды, и высказываетъ мысль, по его собственному заявленію, уже существовавшую среди ученыхъ, что умѣренный поясъ образуетъ неразрывное кольцо, и такимъ образомъ берега Испаніи и Индіи раздѣлены только океаномъ,—мысль, просуществовавшая до Колумба и легшая въ основаніе его плана открытія морского пути въ Индію. Онъ признаетъ, что океанъ, омывающій сушу, единъ и указываетъ, что названія Атлантическій и Эритрейскій (Индійскій) только принадлежатъ его различнымъ частямъ.

Говоря о моряхъ, соединенныхъ со Средиземнымъ, Аристотель говоритъ о ихъ глубинахъ, указывая, что *Palus Meotis* (Азовское м.) мельче *Pontus Euxinus* (Черное м.), *Mare Egaeum* глубже Чернаго и т. д., по мѣрѣ удаленія къ западу.

Онъ сообщаетъ о существованіи теченій въ проливахъ Керченскомъ, Босфорѣ и Дарданеллахъ.

Аристотель былъ современникъ Александра Македонскаго и несомнѣнно пользовался той массой новыхъ и обстоятельныхъ свѣдѣній,

которыя были собраны при походахъ этого величайшаго завоевателя и государственнаго человѣка древности.

Ученикъ Аристотеля—Дикеархъ (326—296 до Р. Х.) среди многихъ своихъ географическихъ трудовъ замѣчателенъ изобрѣтеніемъ первой картографической сѣтки, которую онъ назначилъ на своей картѣ. Онъ провелъ по параллели вдоль Средиземнаго м. отъ Гибралтара на востокъ прямую линію (называвшуюся діафрагмою потому, что она дѣлила пополамъ весь извѣстный тогда свѣтъ) и черезъ о-въ Родосъ—линію перпендикулярную ей; объ были раздѣлены на греческія стадіи и тѣмъ самымъ облегчали нанесеніе мѣстъ на карту.

Однимъ изъ послѣдствій эпохи Александра было основаніе Александріи и процвѣтаніе Александрійской научной школы, одною изъ знаменитостей коей былъ Эратосоенъ (274—194 до Р. Х.), первый рѣшившій задачу опредѣленія размѣровъ земного шара. Онъ же первый высказалъ мнѣніе о выполнимости кругосвѣтнаго плаванія; при составленіи своей карты онъ пользовался описаніемъ египетскаго адмирала Тимосѳена, своего современника, трудъ котораго, повидимому, былъ первою лоціей.

Островъ Родосъ, расположенный къ сѣверу отъ Александріи, также былъ мѣстомъ, гдѣ процвѣтали науки; тамъ трудился величайшій астрономъ древности—Гиппархъ (190—125 до Р. Х.), онъ изобрѣлъ первую картографическую проекцію и построилъ первую настоящую географическую сѣтку.

Къ этому времени относится важное историческое событіе, оказавшее большое вліяніе на движеніе географіи, а именно побѣда римлянъ надъ карѳагенянами (146 г. до Р. Х.), сдѣлавшая первыхъ властителями всего западнаго міра древности, постепенно завоевавшими не только всю восточную часть Средиземнаго м., но и распространившими свое вліяніе на огромное пространство Европы, Азіи и Африки.

Римское владычество сопровождалось обстоятельными описаніями завоеванныхъ и рядомъ лежащихъ странъ, дававшихъ много свѣдѣній по ихъ географіи. Въ царствованіе Августа (44 г. до Р. Х.) было начато громаднѣйшее геодезическое предпріятіе (по мысли Ю. Цезаря)—составленіе карты имперіи на основаніи непосредственныхъ измѣреній на мѣстности, выполненное въ 25 лѣтъ, результаты коего вовсе не дошли до насъ.

Ко времени царствованія Августа относятся и труды Страбона.

(род. 60 г. до Р. Х., ск. около 20 г. по Р. Х.). Онъ высказываетъ много важныхъ физико-географическихъ взглядовъ; онъ былъ убѣжденъ въ единствѣ Мірового океана, хотя онъ же указываетъ, что есть части океана, еще никѣмъ не посѣщенныя.

Страбонъ говоритъ, что вся твердая земля непрерывно видоизмѣняется; землетрясенія измѣняютъ ея рельефъ; острова, лежащіе далеко отъ береговъ, по его мнѣнію, вулканическаго происхожденія, а лежащіе у береговъ отдѣлились отъ материковъ. Самые материки не представляются ему незыблемыми, нѣкоторыя ихъ части могли быть прежде подъ водою, и въ свою очередь части, бывшія сушею, могутъ опуститься ниже уровня моря. Поверхность суши, по его утвержденію, непрерывно расчленяется текущими водами, уносящими въ море громадныя массы снесеннаго ими матеріала, который и отлагается у береговъ, а не посрединѣ моря. Вѣтеръ тоже помогаетъ разрушенію земной поверхности, и всѣ эти силы вмѣстѣ обусловливаютъ образованіе рельефа земной коры на сушѣ.

Относительно морского дна у Страбона менѣе правильные взгляды, потому что онъ судилъ о немъ только по примѣру того, что̀ видѣлъ на сушѣ. Онъ допускалъ существованіе горныхъ цѣпей и долинъ, бороздящихъ морское дно. Онъ признавалъ, что всѣ моря и океанъ имѣли одинаковый уровень, при чемъ его поверхность совпадала со сферическою, имѣвшею свой центръ въ центрѣ земли. Онъ первый высказалъ мысль, что развитіе береговой линіи по отношенію къ внутренней площади страны должно быть важно для умственнаго развитія населенія и его торговыхъ сношеній, такъ какъ море есть главный путь для сношеній людей между собою.

Страбонъ допускалъ существованіе другихъ, неизвѣстныхъ материковъ и народовъ, ихъ населяющихъ. Такимъ образомъ взгляды Страбона отличались широтою и вѣрностью и во многихъ отношеніяхъ опередили свое время, за ними слѣдуетъ признать первенство во многихъ отношеніяхъ.

Въ I-е столѣтіе христіанской эры александрійскій мореплаватель Гиппалусъ открылъ существованіе муссоновъ и способъ ими пользоваться для плаванія въ Индію и обратно, чѣмъ облегчилъ и ускорилъ сношенія европейцевъ съ востокомъ.

Почти современникъ Страбона, но не грекъ, какъ послѣдній, а римлянинъ Сенека (род. 4 г. до Р. Х., ск. 65 г. по Р. Х.), воспитатель

Перона, одинъ изъ выдающихся римскихъ ученыхъ, много занимался физико-географическими вопросами. Ему принадлежитъ одна изъ космогоническихъ гипотезъ, согласно которой міръ произошелъ изъ хаоса, въ которомъ постепенно воды отдѣлились отъ суши. Онъ считалъ океанъ существовавшимъ отъ начала временъ и признавалъ, что его воды есть источникъ всѣхъ водъ суши. Онъ совершенно правильно считалъ испареніе источникомъ текущихъ водъ. Послѣднія, по его мнѣнію, не только разрушаютъ материки своимъ механическимъ дѣйствіемъ, но и химически выщелачиваютъ породы, изъ которыхъ сложена земная кора, при чемъ даже самыя твердыя породы не могли сопротивляться этому дѣйствію на нихъ воды. Онъ обратилъ вниманіе на разрушеніе береговъ, производимое прибоемъ, и на отложеніе получившагося такимъ путемъ матеріала у береговъ и переноса его теченіями и приливами. Поверхность океана и морей, по его мнѣнію, сферична и уровень ихъ постояненъ, такъ какъ испареніе равно количеству воды, вливаемой въ океанъ рѣками и дождями. Отсюда онъ заключалъ, что и соленость океана и морей должна быть тоже постоянна.

Другой римскій писатель Плиній старшій (23—79 г. по Р. Х.) не прибавилъ ничего къ широкимъ взглядамъ Страбона и Сенеки. Онъ задался мыслью собрать и описать рѣшительно все извѣстное людямъ его времени, и хотя въ его трудахъ имѣется много географическихъ свѣдѣній (4 тома изъ 37), но сообщаемыя имъ данныя изложены очень сжато, и у него отсутствуетъ очень часто творческая работа, возбуждаемая описываемымъ матеріаломъ. Повидимому, это есть слѣдствіе громадности той задачи, какую онъ себѣ поставилъ — создать одному такой трудъ, который впослѣдствіи представлялъ совмѣстную работу многихъ лицъ (энциклопедіи). Недостаточность обработки и критики искупается у Плинія тѣмъ, что, только благодаря его неутомимому труду, было сохранено многое изъ работъ ученыхъ древняго міра, въ подлинникахъ до насъ не дошедшихъ вовсе.

Въ началѣ II столѣтія по Р. Х. Маринъ изъ города Тира (старый финикійскій городъ, возобновленный Александромъ) написалъ трудъ по географіи, гдѣ высказалъ взгляды, совершенно противоположные своимъ предшественникамъ, а именно, что три материка, Европа, Азія и Африка, не омываются единымъ океаномъ, а, напротивъ того, суша охватываетъ океаны, образуя изъ нихъ замкнутыя, отдѣльныя массы воды.

Во II вѣкѣ въ Александріи трудился знаменитый географъ древняго періода Клавдій Птоломей, который очень много сдѣлалъ для собиранія всего имѣвшагося тогда въ наукѣ матеріала. Онъ построилъ первую настоящую карту въ конической проекціи и далъ описаніе свѣдѣній, собранныхъ имъ для составленія его атласа. Но онъ сдѣлалъ крупную ошибку, послѣдовавъ примѣру своего ближайшаго предшественника К. Марина, и на своихъ картахъ представилъ Индійскій ок. въ видѣ замкнутаго моря, отдѣленнаго отъ Атлантическаго ок. На его картахъ берегъ южной Африки, начиная приблизительно съ 20° ю. ш., заворачиваетъ на востокъ, охватываетъ съ юга Индійскій ок. и соединяется съ берегами Китая.

Списокъ мѣстъ, послужившій для составленія атласа и содержащій около 8.000 названій, сопровождался указаніями широтъ и долготъ каждаго мѣста, выведенныхъ авторомъ изъ разныхъ данныхъ. Огромная работа и притомъ плохо провѣренная авторомъ, который не сумѣлъ критически разобрать бывшій у него матеріалъ. Однако главная ошибка Птоломея состояла въ уничтоженіи идеи единаго океана, охватывающаго всю сушу.

Зато атласъ Птоломея содержитъ очень много новыхъ географическихъ указаній, отсутствовавшихъ у его предшественниковъ.

Птоломеемъ заканчивается древній періодъ исторіи развитія географическихъ наукъ. Въ теченіе всего этого времени господствовало два взгляда: одинъ, полагавшій, что извѣстная тогда суша была островомъ, окруженнымъ единымъ океаномъ. Это взглядъ всѣхъ предшественниковъ Птоломея, и другой взглядъ, самого Птоломея, что суша охватываетъ океаны и раздѣляетъ ихъ на отдѣльныя обособленныя моря. Этотъ послѣдній взглядъ, подкрѣпленный атласомъ и таблицами географическихъ положеній мѣстъ, къ сожалѣнію, пріобрѣлъ широкое распространеніе и удержался въ наукѣ до XV столѣтія.

Средніе вѣка и эпоха Возрожденія.—Со смертію К. Птоломея отошелъ въ вѣчность послѣдній географъ древняго міра, и послѣ него въ теченіе долгаго времени не было ничего выдающагося въ области географіи, именно до момента гибели Римской имперіи (V в.), послѣ

чего наступилъ уже полнѣйшій застой во всѣхъ отрасляхъ науки, продолжавшійся до IX столѣтія.

Нашествія иноземныхъ племенъ совершенно залили Европу и остатки ея древней цивилизаціи. Въ эти времена монастыри были единственными прибѣжищами, гдѣ спасались обломки бывшаго умственнаго развитія Европы. Все наслѣдіе опыта и умственной работы многихъ вѣковъ погибло и надолго стало недоступнымъ, все приходилось начинать сызнова, почему неудивительно, что человѣческій умъ снова сталъ проходить въ своемъ развитіи тѣ же ступени, какъ и въ древности. Многія заблужденія, давно окончательно разрѣшенныя, приходилось снова обдумывать, и предположенія, потерявшія всякое научное значеніе еще въ древнемъ мірѣ, снова получили право гражданства. Въ географическихъ познаніяхъ людей, напримѣръ, затерялось даже самое представленіе о сферичности земли, замѣненное идеей о четырехугольномъ ея видѣ *), или уже довольно совершенныя карты Итоломея замѣнились картами (XI ст.), не отличавшимися ничѣмъ отъ представленій временъ Гомера и изображавшими всю извѣстную сушу въ видѣ круга, раздѣленнаго на три части. Восточная половина представляла Азію и отдѣлялась меридіанальнымъ проливомъ (рѣки Нилъ и Танаисъ, современный Донъ) отъ двухъ четвертей западной полуокружности, раздѣленныхъ Средиземнымъ м. и представлявшихъ Европу и Африку.

Въ VII ст. на югѣ Средиземнаго м. появился новый народъ завоеватель—арабы, сумѣвшіе въ промежутокъ около 100 л. создать монархію больше римской, простиравшуюся отъ Индіи до Атлантическаго ок. Арабы, какъ народъ торговый, быстро завязали сношенія съ отдаленными странами, граничившими съ ихъ владѣніями, и стали плавать въ Индію и Китай (IX ст.), который они впервые непосредственно связали съ Европою. Арабы вывезли изъ Китая приборъ—компасъ, оказавшій огромное вліяніе на мореплаваніе и на начертаніе на морскихъ картахъ болѣе правильныхъ направленій береговъ. Однако, несмотря на свои путешествія и плаванія, арабы на своихъ картахъ повторяли ошибку Итоломея, продолжая изображать Индійскій ок. замкнутымъ моремъ.

Одинъ изъ выдающихся арабскихъ географовъ Массуди (X ст.) имѣлъ уже понятіе о круговоротѣ воды на землѣ, но объ остальныхъ явленіяхъ въ океанѣ арабы были весьма плохо освѣдомлены.

*) Мысли и идеи Косьмы Индикоплевта, напечатанныя въ его „Христіанской Топографіи“, VI ст.

Въ XI столѣтіи норвежскіе мореплаватели постепенно открыли Гренландію, Лабрадоръ, Ньюфаундлендъ и берега сѣверо-восточной Америки. Въ теченіе около трехъ столѣтій они поддерживали плаванія къ этимъ берегамъ, но эти открытія не имѣли никакого вліянія на расширеніе свѣдѣній въ Европѣ. Средневѣковый застой былъ такъ могущественъ, что открытіе норманновъ успѣло совершенно позабыться, и Америку пришлось потомъ вторично открывать.

Въ XIII и XIV столѣтіяхъ, благодаря пользованію компасомъ, среди моряковъ Италіи и вообще сѣвернаго берега Средиземнаго м. постепенно начали составляться карты, на которыхъ берега получали очень правильныя и вѣрныя очертанія, благодаря болѣе вѣрнымъ прокладкамъ курсовъ корабля при плаваніяхъ вдоль береговъ. Такія карты получили названіе компасныхъ картъ или портулановъ, изъ нихъ древнѣйшая дошедшая до насъ есть карта П. Весконти изъ Генуи отъ 1311 г. На одной изъ болѣе извѣстныхъ компасныхъ картъ, дошедшихъ до насъ (хранится въ Парижской библіотекѣ), такъ называемомъ Каталанскомъ портуланѣ 1375 г., нанесена Индія, и берега Африки уже не огибаютъ съ юга Индійскаго ок.

Развитіе торговыхъ сношеній итальянскихъ республикъ и соединенныя съ этимъ плаванія ихъ флотовъ и сухопутныя путешествія значительно расширили свѣдѣнія европейцевъ; путешествіе венеціанца Марко Поло (XIII ст.), предпринятое тоже съ торговыми цѣлями, впервые ознакомило Европу съ Китаемъ и берегами Азіи на востокѣ и югѣ, вокругъ которыхъ онъ вернулся изъ Китая послѣ 25-лѣтняго отсутствія. Это путешествіе окончательно утвердило убѣжденіе, что восточные берега Азіи омываются океаномъ. Новыя географическія представленія были изображены на картѣ флорентинскаго астронома Тосканелли (1474 г.), гдѣ показаны берега Европы и Азіи, раздѣленные только океаномъ, при чемъ разстояніе между ними было болѣе чѣмъ въ три раза меньше дѣйствительнаго.

Въ это же время на западныхъ берегахъ Иберійскаго полуострова подготовлялись важныя географическія событія среди небольшого народа, до той поры ничѣмъ особеннымъ себя не проявившаго. Послѣ изгнанія мавровъ изъ Испаніи, португальцы перенесли войну съ ними на африканскій берегъ, овладѣли тамъ крѣпостью Цеута и отсюда начали посылать экспедиціи вдоль береговъ Африки къ югу. Руководимые предусмотрительнымъ и талантливымъ принцемъ Генрихомъ, получи-

вшимъ потомъ прозвище «навигатора», португальскіе моряки съ начала XV ст. (съ 1415 г.) постепенно двигаются вдоль береговъ все далѣе и далѣе къ югу и черезъ полъ-столѣтія доходятъ до экватора (1471 г.). Въ одномъ изъ послѣдующихъ плаваній, въ качествѣ астронома, принималъ участіе Мартынъ Бегеймъ, который потомъ въ Нюренбергѣ (своей родинѣ) построилъ глобусъ съ нанесеніемъ на него всѣхъ извѣстныхъ ему географическихъ открытій (1492 г. см. карту I). Наконецъ въ 1486 г. португальцами была снаряжена еще одна экспедиція изъ трехъ судовъ подъ командою Бартоломея Діаца, который отъ крайней точки африканскаго берега, достигнутой предшествующей экспедиціей, прошелъ далѣе на югъ открытымъ океаномъ и, обогнувъ Африку внѣ вида ея южной оконечности, присталъ къ берегу ея уже въ Индійскомъ ок., и только на обратномъ пути, идя вдоль берега, онъ открылъ южную оконечность Африки, окрещенную имъ мысомъ Бурь; потомъ король Португаліи измѣнилъ это названіе въ м. Доброй Надежды будущаго открытія морского пути въ Азію. Такимъ образомъ легенда о возможности обогнуть Африку съ юга, зародившаяся еще въ IV вѣкѣ до Р. Х., получила подтвержденіе только въ концѣ XV ст., т.-е. черезъ 2.000 лѣтъ.

Медленное и постепенное движеніе португальскихъ мореплавателей къ югу незамѣтнымъ образомъ подготовило многія событія, которыя вскорѣ послѣдовали за столь важнымъ обстоятельствомъ, каковымъ было открытіе непрерывнаго воднаго пути изъ Атлантическаго ок. въ Индійскій.

Во времена могущества арабской имперіи, владѣвшей всѣмъ южнымъ побережьемъ Средиземнаго м., значительною частью африканскаго материка и обширными владѣніями на востокѣ, вся европейская торговля съ Индіей, Зондскими о-ми и Китаемъ шла черезъ посредство жителей Индіи и арабовъ, владѣвшихъ Александріей, портомъ міровой торговли со временъ его основанія. Подобное посредничество, конечно, обходилось не дешево, и все привозимое съ востока оплачивалось очень дорого и притомъ еще многое непосредственно золотомъ, а не товарами въ обмѣнъ, такъ какъ востокъ того времени не нуждался въ европейскихъ товарахъ *). Все это сознавалось на западѣ, и желаніе освобо-

*) Еще императоръ Тиберій жаловался о такомъ вывозѣ золота на востокъ, а при Плиніи (I ст.) ежегодно черезъ Александрію уходило туда же до полумилліона римской золотой монеты. Съ востока шли естественныя произведенія: пряности, ладанъ, краски, дорогое цвѣтное дерево, пахучія вещества, драгоцѣнные камни и жемчугъ изъ Индіи.

38130

Ю. М. Шокальскій.

Фиг. I. Географическія свѣдѣнія древнихъ временъ и изслѣдованія эпохи великихъ открытій.

БИБЛІОТЕКА
ЛЕНИНГРАДСКОГО
ГОРНОГО ИНСТИТУТА
2413

диться и обойтись безъ посредниковъ существовало въ теченіе многихъ столѣтій; оно заглохло во времена полнаго застоя цивилизаціи въ средніе вѣка, но снова проявилось, какъ только воспрянули торговыя сношенія съ востокомъ, благодаря обновленному торговому мореплаванію итальянскихъ вольныхъ городовъ (Венеція, Генуя, Пиза, Неаполь, Амальфи и др.), обладавшихъ большими флотами, не только торговыми, но и военными. Къ нимъ потомъ (въ XIII и XIV ст.) присоединилось еще торговое мореплаваніе жителей Иберійскаго полуострова, испанцевъ и португальцевъ.

Другою причиною, которая особенно толкала европейцевъ искать свободнаго морского пути въ Азію, было закрытіе старинныхъ торговыхъ путей на востокъ, какъ сухопутныхъ (по которымъ прошелъ Марко Поло), такъ и морскихъ черезъ Красное м., вслѣдствіе появленія въ средней Азіи (Туркестанѣ и Персіи) въ X ст. новаго народа завоевателей—турокъ, которые оказались хуже всѣхъ предшественниковъ по своему низкому развитію и нетерпимости. Завоеваніе турками Дарданеллъ (1356 г.) закрыло путь въ Черное м., а завоеваніе Константинополя (1453 г.) совершенно прекратило возможность торговыхъ сношеній съ Китаемъ сухимъ путемъ, дорога же черезъ Красное м. была затруднена непомѣрными пошлинами, взимавшимися ослабѣвшими владѣтелями калифата въ Египтѣ, видѣвшими въ нихъ свой главный источникъ дохода.

Совокупность указанныхъ условій давно заставляла европейцевъ думать объ открытіи самостоятельнаго пути на востокъ, и потому неудивительно, что среди нихъ нашелся къ концу XV ст. человѣкъ, вполнѣ подготовившій себя къ выполненію такой задачи.

Такимъ лицомъ оказался Христоферъ Колумбъ или Колонъ, родомъ изъ Генуи (1456 г.—1506 г.), съ юношества плававшій на разныхъ судахъ, побывавшій и на крайнемъ, извѣстномъ тогда сѣверозападѣ, въ Исландіи, и на югѣ, въ Гвинейскомъ зал., на португальскихъ судахъ. Столь дальнія плаванія подготовили въ немъ смѣлаго и умѣлаго моряка, которому никакой переходъ открытымъ моремъ не казался невыполнимымъ. Къ тому же мысль о возможности, идя на западъ, достигнуть изъ Европы береговъ Азіи существовала у людей еще въ древнемъ мірѣ. Всѣ ученые знатоки того времени утверждали возможность подобнаго плаванія и вслѣдствіе отсутствія средствъ для сколько-нибудь порядочнаго опредѣленія долготъ сильно ошибались при опредѣленіи

разстоянія по параллели между берегами западной Европы и Китая, считая, что ихъ раздѣляетъ полоса океана не болѣе 130° долготы *) вмѣсто 230°. Переписка Колумба съ Тоскапелли, знакомство съ его картою, которая опредѣляла ширину Атлантическаго океана до Азіи не болѣе трети окружности земли, извѣстные Колумбу случаи находокъ разныхъ предметовъ у береговъ Европы, все это доказывало ему существованіе на западѣ земли (при немъ прибило къ берегу о-ва Тенерифа неизвѣстной породы стволъ дерева съ корою, и онъ зналъ о многихъ такихъ случаяхъ, бывавшихъ и ранѣе **).

Оставалось найти средства для выполненія предпріятія; это было самое трудное, и только послѣ долгихъ хлопотъ испанская королева Изабелла согласилась на предложенія и условія Колумба ***). Было снаряжено три каравеллы, и 3-го Августа 1492 г. Колумбъ вышелъ въ море, зашелъ на Канарскіе о-ва (см. карту фиг. I) и оттуда пошелъ прямо на западъ. По пути онъ открылъ пассаты, сѣверное Экваторіальное теченіе, Саргассово море и впервые замѣтилъ существованіе склоненія магнитной стрѣлки. 12-го Октября 1492 г., черезъ 70 дней по выходѣ изъ Испаніи, была открыта первая земля (о-въ Санъ-Сальвадоръ или о-въ Ватлингъ, средній изъ группы Багамскихъ о-въ, лежитъ точно на 24° с. ш.). Послѣ посѣщенія Кубы и Гаити Колумбъ отправился въ обратный путь черезъ Азорскіе о-ва. По возвращеніи Колумба Испанія обратилась въ Римъ къ Папѣ, и послѣдній, утвердивъ всѣ открытыя земли за кастильской короною (3-го Мая 1493 г.), одновременно опредѣлилъ, что меридіанъ, проходящій въ 100 испанскихъ миляхъ къ западу отъ о-въ Азорскихъ и Зеленаго мыса, будетъ границею между владѣніями испанцевъ и португальцевъ. Все, что будетъ открыто къ западу—есть достояніе Испаніи, а все, что—къ востоку, составитъ собственность Португаліи.

*) Еще Эратосѳенъ (III в. до Р. Х.) замѣтилъ, что, идя на западъ по параллели о-ва Родоса, можно дойти до Индіи, если бы тому не препятствовала большая ширина Атлантическаго ок. По мнѣнію Эратосѳена, это разстояніе въ градусахъ было около 240°, что было вѣрно; но въ средніе вѣка столь правильное представленіе было искажено.

**) Португальскій морякъ М. Винсенте выловилъ въ морѣ на широтѣ Азорскихъ о-въ кусокъ дерева съ рѣзьбою по немъ. Такіе же куски видалъ и Колумбъ на Азорскихъ островахъ.

***) Условія Колумба были не малыя, превосходившія все до тѣхъ выговариваемое подобными лицами; онъ требовалъ дворянство, чинъ адмирала, власть и титулъ вице-короля будущихъ владѣній, десятую часть доходовъ и восьмую часть отъ могущихъ образоваться монополій.

Послѣдующія три плаванія Колумба, нанесенныя на приложенную здѣсь карту (фиг. I), не имѣютъ прямого значенія для океанографіи.

Тѣмъ временемъ другой итальянецъ, сынъ выходца изъ Венеціи, переселившагося въ Англію, Себастіанъ Каботъ предпринялъ плаваніе на западъ тоже для открытія пути въ Китай. Правильно предположивъ, что въ большей широтѣ переходъ будетъ короче, онъ вышелъ весною 1497 г. изъ Бристоля, и открылъ Лабрадоръ.

Во второе плаваніе 1498 г. Каботъ открылъ Ньюфаундлендъ, замѣтилъ Лабрадорское холодное теченіе и, обслѣдовавъ берега Америки до м. Гаттераса, вернулся въ Англію, будучи первымъ изъ мореплавателей, который сознательно воспользовался для ускоренія своего плаванія теченіемъ Гольфстрима.

Открытія испанцевъ и англичанъ пробудили энергію въ португальцахъ, до того медлившихъ воспользоваться путемъ въ Индію, открытымъ Б. Діазомъ. Въ 1497 г. (8-го Іюля) три корабля подъ командою Васко-да-Гама отправились изъ Лиссабона, обогнули мысъ Доброй Надежды (22-го ноября) и съ трудомъ пошли на сѣверъ, ознакомившись на дѣлѣ съ сильнымъ Мозамбикскимъ теченіемъ. Получивъ въ Мелиндѣ (портъ на берегу Африки у сѣвернаго выхода изъ Мозамбикскаго пр.) арабскаго лоцмана, эскадра, пользуясь юго-западнымъ муссономъ, пересѣкла океанъ и (20-го мая) весною 1498 г. вошла въ портъ Каликутта на юго-западномъ берегу Индостана. Обратный путь противъ муссона былъ дологъ, и только въ концѣ лѣта 1499 г. Гама вернулся въ Лиссабонъ съ извѣстіемъ объ открытіи пути въ Индію.

Спустя же всего 20 л. (къ 1520 г.) португальцы успѣли овладѣть Малаккою и многими Зондскими о-ми и наладить торговыя отношенія съ туземцами, приносившія имъ большой доходъ.

Тѣмъ временемъ испанцы въ Америкѣ, двигаясь къ югу сухимъ путемъ, переваливъ черезъ невысокія горы на Панамскомъ перешейкѣ, открыли Тихій ок. Бальбоа, открывшій новый океанъ въ 1513 г., (25-го Сент.), далъ ему названіе Южнаго (Mar del Sur), такъ какъ онъ пежалъ къ югу отъ Панамскаго перешейка, съ котораго Бальбоа впервые увидалъ это море.

Въ 1513 г. лоцманъ Жуанъ Аламиносъ открылъ начало Гольфстрима, а въ 1519 г. онъ имъ уже сознательно воспользовался для перехода въ Европу въ болѣе короткій срокъ. Однако всѣ завоеванія новыхъ земель въ Америкѣ нисколько не приближали испанцевъ къ той

цѣли, какую они себѣ поставили еще при снаряженіи первой экспедиціи Колумба, а именно открытіе морского пути въ Индію и къ Зондскимъ о-мъ. Вотъ это-то обстоятельство, совмѣстно съ успѣхами португальцевъ въ Индіи и невозможностью найти проходъ въ Тихій ок. черезъ Панамскій перешеекъ, заставили Испанію довольно легко согласиться на предложеніе опытнаго португальскаго моряка Фердинанда Магеллана*), побывавшаго на Зондскихъ о-хъ и въ Африкѣ и обиженнаго португальскимъ правительствомъ, что̀ заставило его перейти на службу Испаніи.

Магелланъ пришелъ къ убѣжденію, что Молукскіе о-ва лежатъ уже по другую, испанскую, сторону меридіана, раздѣлившаго свѣтъ между Испаніей и Португаліей, и слѣдовательно, если къ нимъ подойти съ запада, путемъ, который по мнѣнію Магеллана былъ короче **), нежели вокругъ Африки, то присоединеніе этихъ острововъ обѣщало дать большія торговыя выгоды Испаніи. Въ возможности же обогнуть Америку съ юга Магелланъ былъ убѣжденъ.

20-го Сентября 1519 г. Магелланъ во главѣ эскадры изъ пяти судовъ вышелъ въ плаваніе; черезъ два мѣсяца онъ былъ у устья р. Ла-платы, южнѣе которой въ одной изъ бухтъ онъ рѣшилъ переждать южную зиму. Въ Августѣ 1520 г. Магелланъ съ четырьмя судами (одно потерпѣло крушеніе у береговъ Америки) пошелъ вдоль берега къ югу, отыскивая ожидаемый проходъ или оконечность Америки, и 21-го Октября нашелъ глубоко вдавшійся въ сушу заливъ. Слѣдуя имъ на западъ, только послѣ-мѣсячнаго труднаго плаванія онъ дошелъ до выхода въ Тихій ок. (27-го Ноября ***).

Ошибаясь въ своей долготѣ, Магелланъ, вѣроятно, не предполагалъ столь длиннаго перехода, какой ему предстоялъ, и храбро взялъ

---

*) Настоящее его имя произносится по-португальски иначе и точнѣе передается такъ: Фернанъ дель-Магальянсъ. Родился въ 1470 г., убитъ въ 1521 г. на Филиппинскихъ о-хъ.

**) Въ тѣ времена всѣ ошибались въ долготахъ разныхъ мѣстъ земного шара, и потому неудивительна и ошибка Магеллана, думавшаго, что Молукскіе о-ва лежатъ въ 275° долготы къ востоку отъ меридіана, который былъ объявленъ Папою границею между португальскими и испанскими владѣніями.

Такъ же неудивительна и другая ошибка Магеллана въ опредѣленіи разности долготъ между Молукскими о-ми и Южною Америкою, заставившая его думать, что разстояніе отъ Америки до Молукскихъ о-въ меньше, нежели отъ м. Доброй Надежды до тѣхъ же острововъ. Такую же ошибку дѣлалъ и Колумбъ, какъ было указано выше.

***) Въ проливѣ одно изъ судовъ эскадры было послано на рекогносцировку. Вернувшись, оно не нашло эскадры, перемѣнившей мѣсто, и возвратилось въ Испанію самовольно. Это былъ лучшій корабль эскадры.

курсъ сперва къ сѣверу (см. карту I, стр. *17*), а затѣмъ къ сѣверо-западу и пересѣкъ океанъ въ 99 дней, встрѣтивъ по пути только два необитаемыхъ островка. Необыкновенно тихія погоды за весь огромный переходъ навели Магеллана на мысль дать этому новому океану названіе Тихаго.

Между этими двумя островами Магелланъ сдѣлалъ попытку, первую въ исторіи океанографіи, измѣрить глубину океана; но лотъ не досталъ дна, откуда мореплаватель немного поспѣшно заключилъ, что онъ находится надъ самою глубокою частью океана.

6-го Марта наконецъ увидали Маріанскіе о-ва (названные тогда Ладронесъ-Воровскіе, потому что туземцы съ нихъ отличались этимъ качествомъ). Пополнивъ тутъ запасы, пошли на западъ и 16-го достигли Филиппинскихъ о-въ. Здѣсь въ битвѣ съ туземцами 27-го Апрѣля Магелланъ погибъ. Съ двумя оставшимися кораблями испанцы продолжали путь къ югу, и послѣ долгаго и труднаго плаванія со многими приключеніями въ началѣ Ноября (1521 г.) достигли Молукскихъ о-въ (о-ва Тидоре), гдѣ уже оказались португальскіе агенты. Нагрузившись запасомъ пряностей, испанцы готовы были итти въ Европу черезъ Индійскій ок., но одно изъ судовъ сильно потекло, его было рѣшено оставить съ командою для починки, чтобы потомъ оно вернулось въ Америку къ Панамскому перешейку, гдѣ были испанскія колоніи. Другое же судно *Викторія*, корабль Магеллана подъ командою Себастьяно де-Элькано, прошелъ черезъ Зондскій архипелагъ, пересѣкъ Индійскій ок. (см. карту I, стр. *17*), обогнулъ Африку и 6-го Сентября 1522 г. вошелъ въ ту же гавань, откуда вышелъ въ плаваніе три года назадъ *).

Плаваніе Магеллана несомнѣнно заканчиваетъ одну эпоху и начинаетъ другую. Не говоря о томъ, что и самъ планъ экспедиціи свидѣтельствуетъ о выдающихся умственныхъ способностяхъ Магеллана, его выполненіе требовало громаднаго характера, силы воли и умѣнья владѣть людьми. Послѣ цѣлаго ряда лишеній и трудностей заставить, вопреки общему мнѣнію команды и офицеровъ, дойти до неизвѣстнаго выхода изъ пролива и потомъ смѣло направить свой курсъ черезъ неизвѣстный океанъ и достигнуть именно тѣхъ мѣстъ, куда необходимо было прійти, и все это выполнить впервые—заслуга не малая.

Заслуга Магеллана передъ наукою и людьми больше, нежели

*) Санъ Лукаръ де-Баррамеда, при устьѣ Гвадалквивира, портъ г. Севильи.

важные подвиги Колумба и Васко да-Гамы. Онъ впервые доказалъ осязательно, что земля есть шаръ, и открылъ и пересѣкъ обширнѣйшій океанъ, составляющій ровно треть земной поверхности.

Плаваніе Магеллана имѣло громадное географическое значеніе; оно впервые указало на размѣры соотношенія между сушею и водою на землѣ и показало воочію громадное преобладаніе водной поверхности. Уже одного этого факта было достаточно, чтобы показать важное значеніе океанографіи среди другихъ географическихъ наукъ, а также и большое ея вліяніе на экономическій бытъ людей.

Послѣ Магеллана была снаряжена еще одна экспедиція тѣмъ же путемъ, а также два испанскихъ корабля изъ гаваней Тихаго ок. въ Центральной Америкѣ пришли этимъ путемъ на Молукскіе о-ва, чѣмъ и закончились всѣ плаванія испанцевъ поперекъ Тихаго ок.

Итакъ, въ промежутокъ времени отъ 1487 г. по 1522 г., т.-е. всего въ 35 лѣтъ, было открыто болѣе половины земной поверхности, вотъ почему этотъ промежутокъ времени по заслугамъ и называется ***эпохою великихъ открытій.***

На картѣ I-й (стр. *17*) показаны сравнительныя площади земной поверхности, извѣстныя въ опредѣленныя времена. Какъ на ней видно, при Гомерѣ знали только мѣстности, прилегающія къ Средиземному м. Область, извѣстная Птоломею, уже много обширнѣе. Пространство, вычерченное на глобусѣ М. Бегейма наканунѣ открытій Колумба, охватываетъ весь Старый свѣтъ. Плаванія Колумба и его современниковъ и соперниковъ къ берегамъ Америки прибавили къ 1507 г. на картѣ Рюйша только нѣкоторую область на западѣ, и затѣмъ плаваніе Магеллана сразу открываетъ остальную часть земной поверхности, оказавшуюся исключительно занятой водою.

Развитіе океанографіи послѣ эпохи великихъ открытій до Кука.—Большое торговое значеніе морского пути въ Индію вокругъ Африки, вслѣдствіе его меньшаго разстоянія и удобства, благодаря муссонамъ, позволявшимъ всегда ходить попутнымъ вѣтромъ, сдѣлало этотъ путь сейчасъ же по его открытіи очень посѣщаемымъ. Совершенно въ другомъ положеніи оказался путь черезъ Магелляновъ проливъ, онъ былъ длиннѣе и труднѣе, и обратно имъ пройти испанцы такъ и не смогли *).

*) Попытки пройти вдоль экватора въ Тихомъ ок. отъ Молукскихъ о-въ на востокъ къ Панамскому заливу *Тринидада* второго корабля эскадры Магеллана (первый *Вик-*

Къ тому же испанцы къ этому времени занялись покоренiемъ южной Америки, и послѣ Магеллана и эскадры Лоайяса, отправленной Карломъ V въ 1525 г. тѣмъ же путемъ черезъ Магелланов пр. къ Молукскимъ о-мъ, долго не было повторенiя кругосвѣтнаго плаванiя. Только въ 1577 г. англичанинъ Дрэкъ (1545—1595), да и то вынужденный къ тому обстоятельствами, совершилъ переходъ отъ бухты Санъ-Франциско къ Зондскому архипелагу и черезъ Индiйскiй ок. въ Европу. Во время этого плаванiя, немедленно по выходѣ изъ Магелланова пр. въ Тихiй ок., буря заставила Дрэка уйти въ болѣе южныя широты, а теченiемъ его отнесло къ востоку настолько, что Дрэкъ обогнулъ м. Горнъ *) и убѣдился, что на 56° ю. ш. Америка оканчивается.

Первыя голландскiя и англiйскiя попытки плаванiй въ сѣверный Ледовитый ок. принесли много новаго для географiи, но мало обогатили океанографiю, потому что онѣ имѣли цѣлью отысканiе сѣверо-восточнаго и сѣверо-западнаго проходовъ вокругъ Азiи и Америки съ сѣвера для открытiя пути въ Китай и Индiю, такъ какъ удобный путь кругомъ м. Доброй Надежды, будучи въ рукахъ сперва португальцевъ, а потомъ голландцевъ, оставался недоступнымъ для другихъ мореходныхъ народовъ.

Въ XVI ст. европейцы подвинулись немного болѣе въ знанiи Зондскаго архипелага, и появились намеки на существованiе Австралiи (Terra Australis). Въ серединѣ XVII ст. голландскiе мореплаватели сдѣлали много въ этомъ отношенiи, и больше другихъ Тасманъ (1603—1659), который первый обогнулъ съ юга Австралiю и открылъ западный берегъ Новой Зеландiи (1642 г.), при чемъ онъ высказалъ мнѣнiе, что это есть берегъ предполагавшагося южнаго материка.

Въ теченiе XVII ст. плаванiя англичанъ въ сѣверо-американскомъ архипелагѣ дали свѣдѣнiя объ этихъ полярныхъ земляхъ, а прибреж-

---

торiя съ Элькано ушелъ кругомъ м. Добр. Надежды) не удались; корабль 6-го Апр. 1522 г. вышелъ въ Тихiй ок. и не могъ найти полосы попутныхъ западныхъ вѣтровъ и въ Окт. долженъ былъ вернуться обратно къ Молукскимъ о-мъ, гдѣ португальцы взяли ихъ въ плѣнъ и держали два года, такъ что только три матроса и священникъ въ 1526 г. возвратились въ Испанiю. Также не смогли испанцы и въ 1528 г. на судахъ, посланныхъ изъ Центральной Америки, вернуться съ Филиппинскихъ о-въ въ Мексику, вслѣдствiе того же пассата, противъ котораго ихъ корабли плохо лавировали, борясь въ то же время еще и съ противнымъ Экваторiальнымъ теченiемъ.

*) Названiе м. Горнъ было дано не Дрэкомъ, а голландскими мореплавателями Шутенъ и Ж. ле-Мэръ, обогнувшими мысъ 29-го Янв. 1616 г. Собственно, они назвали его мысъ Гоорнъ, въ память родного города ле-Мэра.

ныя плаванія казаковъ вдоль Сибири на востокъ охватили весь сѣверо-восточный берегъ Азіи, и наконецъ въ 1648 г. казакъ Семенъ Дежневъ открылъ ея восточную оконечность *) и показалъ, что она отдѣлена отъ Америки проливомъ. Открытіе, забытое потомъ, было сдѣлано вновь въ 1728 г. В. Берингомъ, датскимъ морякомъ, перешедшимъ на службу Россіи по приглашенію Петра I.

Въ теченіе первой половины XVIII ст. необходимо отмѣтить громадное географическое предпріятіе русскихъ, а именно первое обслѣдованіе всего сѣвернаго берега Европы и Азіи отъ Бѣлаго м. до р. Колымы, выполненное Большою Сѣверною экспедиціей, работавшей съ 1734 по 1741 г. Ея труды до начала XX ст. во многихъ частяхъ этого протяженія берега были единственными о немъ данными.

По отношенію же къ изслѣдованію океановъ, съ 1648 г. по 1764 г., т.-е. въ теченіе болѣе ста лѣтъ не было сдѣлано ничего выдающагося. Предшествовавшее время оставило слишкомъ много новыхъ матеріаловъ и новыхъ задачъ, обработкою коихъ и были поглощены европейцы (XVII ст. принадлежитъ честь открытія закона всемірнаго тяготѣнія Ньютономъ, первыхъ болѣе точныхъ размѣровъ земли и наконецъ установленіе, что земля не шаръ, а тѣло, близкое къ эллипсоиду вращенія).

Развитіе океанографическихъ идей со времени эпохи великихъ открытій.— Названія океановъ.—Плаваніе Магеллана обратило вниманіе ученаго міра на океаны. Первый, разсмотрѣвшій критически существовавшія названія океановъ, былъ Вареній **); онъ окончательно утвердилъ названія: Атлантическій, лежащій между Старымъ и Новымъ свѣтомъ; Тихій—между Азіей и Америкою; Гиперборейскій—около сѣвернаго полюса; Южный—вокругъ Южнаго материка, къ нему былъ отнесенъ и Индійскій ок.

Делиль потомъ (1700 г.) въ своемъ атласѣ принялъ названія: Сѣвернаго моря—для всего Атлантическаго ок., Индійскаго ок., Южнаго м. или Тихаго ок.

Карты океановъ.—Первые гидрографическіе условные знаки на морскихъ картахъ появились на испанской картѣ 1527 г., находящейся

*) Семенъ Дежневъ родомъ изъ Великаго Устюга, Вологодской губ. Мысъ сперва назывался просто Восточнымъ, но въ 1898 г., по представленію Императорскаго Русскаго Географическаго Общества, онъ былъ переименованъ мысомъ Дежнева. Въ 1648 г. Дежневъ открылъ и Камчатку.

**) Varenius (1622—1650). „Geographia generalis in qua affectiones generales telluris explicantur". 1650.

въ библіотекѣ въ Веймарѣ. На ней обозначены рифы и мели помощью крестиковъ и точекъ. Съ этого времени число гидрографическихъ условныхъ знаковъ постепенно увеличивается. Въ 1579 г. появился первый атласъ, представлявшій вполнѣ самостоятельный трудъ, а не дополненное перепзданіе Птоломея, какъ предшествовавшіе; онъ былъ составленъ фламандцемъ А. Ортеліусомъ *).

Современникъ и другъ его Г. Меркаторъ **) обратилъ вниманіе на математическую сторону картографіи—способы проекцій и изобрѣлъ свою проекцію, употребляемую и до сихъ поръ во многихъ случаяхъ, а для морскихъ картъ и постоянно.

Къ серединѣ XVIII ст. (1737 г.) относится первая попытка представить наглядно рельефъ дна при помощи линій равныхъ глубинъ, сдѣланная французскимъ географомъ Бюашемъ ***) (1700—1773), который въ своемъ трудѣ подробно разбираетъ вопросъ о раздѣленіи океановъ.

На первыхъ морскихъ картахъ XVI, XVII и XVIII ст. глубины и линіи равныхъ глубинъ назначались только вдоль береговъ, т.-е. только тамъ, гдѣ онѣ имѣли навигаціонное значеніе.

Измѣреніе глубинъ.—Первая мысль о глубоководномъ лотѣ принадлежитъ кардиналу Н. Кузаносу (1401—1464), онъ предложилъ приборъ, состоявшій изъ двухъ частей, одна была поплавокъ, а другая составляла грузъ, такъ соединенный съ поплавкомъ, что, какъ только грузъ коснется дна, то поплавокъ отцѣплялся и всплывалъ; глубина вычислялась по времени, потребовавшемуся на погруженіе и поднятіе прибора. Послѣ Кузаноса та же идея неоднократно повторялась многими изобрѣтателями и также безуспѣшно, потому что невозможно замѣтить моментъ появленія поплавка, а при большихъ глубинахъ и вовсе его не найти, не говоря уже о неточности такого способа вычисленія глубины. Такимъ образомъ, кромѣ обыкновеннаго лота и лотлиня, другого способа для измѣренія глубинъ въ это время не существовало.

---

*) А. Ортеліусъ изъ Анверса (1527—1598). „Abrahami Ortelii Theatri Orbis Terrarum Parergon, sive Veteris Geographiae Tabulae, commentariis geographicis et historicis illustratae. 1579—1598". Трудъ этотъ содержитъ полный списокъ матеріаловъ, послужившихъ для его составленія, что даетъ важное указаніе на состояніе географіи въ XVI ст. Каждая карта помѣчена годомъ своего появленія.

**) Г. Меркаторъ (1512—1594; наст. имя Гергардтъ Кремеръ), фламандецъ (около Анверса). „Atlas, sive Cosmographiae meditationes de fabrica Mundi et fabricati figura". 1585. Меркатору принадлежитъ введеніе названія—Атласъ, вмѣсто Teatrum orbis terrarum,

***) Въ его Essai de géographie physique", 1754.

Взглядъ на характеръ рельефа дна океановъ. — Кирхеръ *) въ своемъ трудѣ удѣлилъ океанографіи одну главу, въ которой говорится о глубинахъ океановъ. По мнѣнію автора, рельефъ дна океановъ имѣетъ сходство съ рельефомъ суши, тамъ должны встрѣчаться такія же возвышенности и пониженія, какъ и на сушѣ; при чемъ онъ полагаетъ, что наибольшія глубины должны вообще лежать посреди океановъ, кромѣ тѣхъ мѣстъ, гдѣ берега суши очень высоки и обрывисты; здѣсь и большія глубины будутъ рядомъ. Это мнѣніе основано на измѣреніяхъ глубинъ около береговъ.

Взгляды другого географа Вареніуса (1650 г.) не лучше А. Кирхера, потому что и они въ основаніи не имѣли ни одного измѣренія глубинъ и были совершенно умозрительными.

Позднѣе (1725 г.) графъ Марсильи, написавшій первую океанографію**), держался мнѣнія, что существуетъ полный параллелизмъ между рельефомъ надводнымъ и подводнымъ.

Грунтъ дна.—Марсильи былъ первый авторъ, сдѣлавшій указанія на матеріалы, слагающіе грунтъ дна океана, который, по его мнѣнію, образованъ въ верхнихъ слояхъ отложившимся иломъ, а подъ нимъ состоитъ изъ такихъ же горныхъ породъ, какъ и суша.

Глубоководныя температуры.—Наблюденія Марсильи въ Средиземномъ м. на небольшихъ глубинахъ привели его къ заключенію, что температура воды не измѣняется въ теченіе года. Бюффонъ (1750 г.) замѣтилъ, что свинцовый лотъ всегда поднимается со дна холоднымъ, и отсюда заключилъ объ убываніи температуры съ глубиною.

Первое наблюденіе температуры на болѣе значительныхъ глубинахъ было сдѣлано англичаниномъ капитаномъ Эллисъ (1749 г.) у NW береговъ Африки на глубинахъ около 1.190 м.—1.630 м. (650—890 м. с.) при помощи простѣйшаго батометра съ термометромъ внутри. Термометръ показалъ на этихъ глубинахъ температуру въ 11°,7; Эллисъ совершенно правильно заключилъ отсюда, что во время поднятія прибора термометръ нагрѣвался верхними слоями воды.

Соленость.—Вареніусъ въ своемъ трудѣ по географіи высказываетъ мнѣніе, что, во-первыхъ, океанъ всегда былъ соленымъ, и, во-вторыхъ, что существуетъ постоянный приносъ въ океанъ частицъ соли вмѣстѣ съ втекающими въ него прѣсными водами. Онъ полагаетъ, что

*) „Mundus Subterraneus“, 1665, Amsterdani, книга III-я. A. Kircher (1601—1680).

**) „Histoire physique de la Mer“, Amsterdam, 1725, par L. F. Comte de Marsilli.

ближе къ экватору соленость больше, а къ полюсамъ она убываетъ. Объясненіе такому распредѣленію онъ видитъ въ различіи испаренія и атмосферныхъ осадковъ, а также и въ приносимой рѣками прѣсной водѣ. Замѣчательно, что Вареніусъ указываетъ на различіе въ температурахъ замерзанія прѣсной и морской воды, объясняя болѣе низкую точку замерзанія морской воды ея соленостью.

Марсильи первый производилъ опыты надъ составомъ морской воды. Онъ полагалъ, что происхожденіе солености океановъ обусловливается раствореніемъ кристаллическихъ солей, залежи коихъ встрѣчаются на ихъ днѣ. Онъ производилъ опыты надъ удѣльными вѣсами *) морской воды разной солености и убѣдился, что болѣе соленыя воды въ то же время и плотнѣе.

Въ XVII ст. англійскій ученый Бойль въ своихъ трудахъ описалъ рядъ работъ по вопросу о солености океановъ.

Галлей (1656—1742) считалъ, что соленость океановъ есть результатъ постепеннаго выноса солей рѣками.

Прозрачность и цвѣтъ. — Первые опыты относительно прозрачности морской воды были сдѣланы Бугэ **) (часто у насъ произносимымъ—Бугеръ).

О цвѣтѣ воды были высказаны мнѣнія Ньютономъ, считавшимъ морскую воду зеленою, и Марсильи, находившимъ, что она синяя; онъ думалъ, что соленость есть причина такого цвѣта, который, по его мнѣнію, въ разныхъ мѣстахъ различенъ.

Приливы.—Представленіе о причинахъ явленія приливовъ въ теченіе разбираемаго промежутка времени (съ 1522 г. по 1768 г.) получило большое движеніе впередъ, благодаря трудамъ И. Ньютона, давшаго первое объясненіе этого явленія на основаніи закона всемірнаго тяготѣнія. Послѣдующее развитіе положеній Ньютона работами Маклорена, Эйлера и Бернулли еще болѣе подвинули этотъ вопросъ.

Океаническія теченія. — Въ теченіе XV и XVI ст. было сдѣлано очень много для изученія теченій океановъ, благодаря наблюденіямъ, собраннымъ португальцами и испанцами въ ихъ плаваніяхъ.

Первая попытка объясненія экваторіальныхъ теченій, сдѣланная

*) Ареометръ, употребляющійся для этой цѣли, былъ изобрѣтенъ около IV ст. по Р. Х.

**) Bouguer „Traité d'Optique“, 1760 г. См. стр. 214.

Колумбомъ, предполагала, что воды океана въ своемъ движеніи къ западу слѣдуютъ за небеснымъ сводомъ.

Первая карта теченій составлена была А. Кирхеромъ (фиг. 162, стр. 409) въ 1664 г. Одновременно Воссіусъ *) собралъ въ своемъ трудѣ всѣ имѣвшіяся наблюденія теченій. Дальнѣйшихъ попытокъ объясненія причины теченій въ разсматриваемое время не было сдѣлано.

«Whereas nothing can redound more to the honour of this nation, as a maritime power, to the dignity of the Crown of Great Britain, and to the advancement of trade and navigation thereof, than to make discoveries of countries hitherto unknown» **); . . . . .

From the official instructions ***) to Commodore Byron before his voyage round the world on the *Dolphin*, 1764—1766.

Развитіе океанографіи отъ плаваній Кука до плаванія *Challenger'a*.—XVIII ст. отличается усиленнымъ развитіемъ наукъ и вмѣстѣ съ тѣмъ и большею требовательностью къ характеру работъ, бѣглыя обслѣдованія уже не удовлетворяютъ, необходимы болѣе серьезныя и обстоятельныя изученія.

Къ этому времени (середина XVIII ст.) океаны вообще, а Тихій особенно, оставались почти на той же степени обслѣдованности, на ка-

---

*) „Le guidon de la navigation ou traité du mouvement de la mer et des vents", traduit du latin.—Paris, 1666. J. Vossius (1577—1649).

**) „Ничто не можетъ болѣе содѣйствовать славѣ этой націи, какъ морской державѣ, благородству Короны Великобританіи и успѣхамъ ея торговли и мореплаванія, какъ производство открытій странъ, до тѣхъ поръ неизвѣстныхъ"; . . . . .

***) Изъ инструкцій коммодору Байрону передъ его кругосвѣтнымъ плаваніемъ на *Dolphin* въ 1764—1766 г. Смотри страницу I во Введеніи нижеслѣдующаго описанія путешествія.

„An account of the voyages undertaken by the order of his Present Majesty for making discoveries in the Southern hemisphere, and successively performed by comm. Byron, capt. Wallis, capt. Carteret and capt. Cook . . . . ."; by J. Hawkesworth, in three vol;. London, 1773.

кой они были послѣ плаваній Магеллана и Дрэка. Молодая морская нація—Англія почувствовала ту неразрывную связь, какая существуетъ между морскими научными предпріятіями и развитіемъ морской силы вообще, имѣющемъ такое большое вліяніе на историческія событія; результатомъ такового признанія этой истины было начало снаряженія Англіей ряда кругосвѣтныхъ плаваній, предпринятыхъ съ цѣлью производства изслѣдованій океановъ. По этому пути за Англіей впослѣдствіи послѣдовала и Франція, а въ началѣ XIX ст. и Россія.

Первыми такими плаваніями была экспедиція (1764 г.) подъ начальствомъ коммодора Байрона, за которой скоро послѣдовало плаваніе французскаго корабля *La Boudeuse* (въ 1766 г.) подъ командою Бугенвиля; обѣ эти экспедиціи, особенно вторая, сдѣлали многое для открытія и обслѣдованія неизвѣстныхъ еще архипелаговъ Тихаго ок.

Начало плаваній съ научною цѣлью, въ сущности, открывается экспедиціей Джемса Кука (1768—1771 г.), предпринятой отчасти для доставленія на о-въ Таити астрономовъ для наблюденія прохожденія Венеры черезъ дискъ Солнца. Молодой еще офицеръ флота Д. Кукъ былъ избранъ командовать экспедиціей въ виду своихъ выдающихся способностей, и онъ оправдалъ это довѣріе.

Всѣ три плаванія Кука, такъ же, какъ и пути большей части другихъ кругосвѣтныхъ плаваній, сопровождавшихся научными работами и океанографическими изслѣдованіями, обозначены на прилагаемой картѣ II.

Въ свое первое плаваніе, по окончаніи астрономическихъ наблюденій и обслѣдованія о-ва Товарищества, Кукъ направился къ югу, отыскивая предполагавшійся южный материкъ, и послѣ длиннаго плаванія открылъ восточные берега земли, оказавшейся Новой Зеландіей, западныя окраины коей уже были описаны Тасманомъ (1642 г.). Кукъ обошелъ о-ва кругомъ и составилъ карту ихъ. Потомъ онъ открылъ восточный берегъ Австраліи на протяженіи 1.600 м.м., сдѣлалъ его опись и вновь открылъ Торресовъ пр. *).

Первое плаваніе Кука показало, что въ умѣренныхъ широтахъ южнаго Тихаго ок. нѣтъ и слѣда ожидавшагося полярнаго материка. Для болѣе обстоятельнаго обслѣдованія сего вопроса было снаряжено

*) Въ этомъ плаваніи Кукъ пользовался первымъ изданіемъ „Nautical Almanach“. 1767.

Пути главнѣйшихъ океанографическихъ и другихъ экспедицій.-II

Къ 31 страницѣ.

Составилъ Ю. Шокальскій.

нѣсколько экспедицій французскимъ флотомъ *), принесшихъ богатыя результаты по географіи и океанографіи.

Одновременно была снаряжена вторая экспедиція подъ командою Кука**) (1772—1775 г.), которая совершила первое плаваніе въ большихъ южныхъ широтахъ, гдѣ доходила до 71° ю. ш. и убѣдилась, что, если южный полярный материкъ и существуетъ, то онъ лежитъ за предѣлами полярнаго круга.

Послѣднее плаваніе Кука (1776—1780 г.), окончившееся гибелью мореплавателя на Сандвичевыхъ о-хъ ***), имъ же открытыхъ (1778 г.), прибавило многое для знакомства съ берегами Сѣверной Америки отъ р. Колумбія до Берингова пр., части Ледовитаго м., прилегающей къ проливу, и береговъ Азіи до оконечности Камчатки.

Послѣ Колумба, Васко да-Гамы и Фр. Магеллана плаванія Д. Кука принесли болѣе всѣхъ его другихъ предшественниковъ для движенія впередъ географіи и океанографіи. Они доставили очень много свѣдѣній изъ области послѣдней, особенно для антарктической области, впервые посѣщенной Кукомъ.

Три плаванія Кука положили начало научнымъ морскимъ экспедиціямъ, число коихъ до 1872 г. (плаваніе *Challenger'a*) доходитъ до 75, изъ нихъ около 25 кругосвѣтныхъ; каждая принесла какія-либо новыя данныя по океанографіи, постепенно образовавшія матеріалъ, позволившій судить болѣе правильно о физическихъ свойствахъ водъ океановъ и о движеніи ихъ.

Изъ числа такихъ 29 кругосвѣтныхъ экспедицій было: великобританскихъ—11, русскихъ—8, французскихъ—7, германскихъ—1, Соединенныхъ Штатовъ—1, австрійскихъ—1. Здѣсь не описаны труды всѣхъ указанныхъ плаваній, а только ниже приведены свѣдѣнія объ океанографическихъ работахъ русскихъ моряковъ начала XIX ст. ****).

---

*) De-Fleurieu въ 1769 и Verdun, Borda et Pingré въ 1771—1772; обѣ экспедиціи были посланы для испытанія хронометровъ, какъ средства для опредѣленія долготъ въ морѣ, но попутно онѣ много сдѣлали для изученія океановъ вообще; Surville въ 1769 г., Marion въ 1772 г., Marquis de-Kerguelen въ 1771—1774 г.

**) Его сопровождали двое натуралистовъ, отецъ и сынъ Фостеръ.

***) Онъ погибъ при улаживаніи споровъ между туземцами о-въ 14-го февр. 1779 г.

****) Вотъ перечисленіе главнѣйшихъ иностранныхъ и русскихъ кругосвѣтныхъ плаваній, сопровождавшихся учеными изслѣдованіями географическаго, океанографическаго

Капитаны начала XIX ст., оказавшіе крупныя услуги въ свое время, послужатъ примѣромъ любви и преданности дѣлу. Будущимъ морякамъ предстоитъ плавать не съ тѣми кораблями и не съ тѣми средствами, но можно пожелать, чтобы въ нихъ была та же любовь къ изученію природы. Любовь эта поможетъ имъ быть достойными послѣдователями знаменитыхъ капитановъ начала нынѣшняго столѣтія (т.-е. XIX).

Контръ-Адмиралъ С. О. Макаровъ.

„Витязь и Тихій океанъ", стр. 337.

Первое кругосвѣтное плаваніе русскихъ моряковъ было совершено на корабляхъ *Надежда* и *Нева* въ 1803—1806 г., подъ начальствомъ

и естественно-историческаго характера. Ниже вездѣ сперва указано имя корабля, потомъ командира и года плаванія.

Плаванія русскихъ судовъ:

Надежда, Крузенштернъ, 1803—1806; *Нева*, Лисянскій, 1803—1806; *Діана*, Головнинъ, 1807—1809; *Рюрикъ*, Коцебу, 1815—18; *Камчатка*, Головнинъ, 1817—19; *Востокъ*, Беллинсгаузенъ, 1819—21; *Мирный*, Лазаревъ, 1819—21; *Открытіе*, Васильевъ, 1819—22; *Благонамѣренный*, Шишмаревъ, 1819—22; *Предпріятіе*, Коцебу, 1822—25; *Кроткій*, Врангель, 1826—27; *Моллеръ*, Станюковичъ, 1826—29; *Сенявинъ*, Литке, 1826—29; *Елена*, Хромченко, 1828—31; *Кроткій*, Гагемейстеръ, 1828—30; *Америка*, Хромченко, 1831—33; *Америка*, Шанцъ, 1834—36; *Байкалъ*, Невельской, 1848—49; *Ахта*, наблюдатель д-ръ Эдуардъ Ленцъ, 1847—49.

Всего 17, изъ нихъ 8 производили спеціально ученыя работы, и нѣкоторыя,—*Надежда*, *Рюрикъ* и *Предпріятіе*,—сдѣлали рядъ глубоководныхъ наблюденій температуръ, имѣющихъ значеніе и до сихъ поръ.

Плаванія иностранныхъ судовъ:

Boussole, Laperouse, 1785—88, франц.; *Recherche* и *L'Espérance*, D'Entrecasteux, 1791—93; франц.; *Coquille*, Duperrey, 1822, франц.; *Jane* и *Beffoy*, Weddell, 1822—24, англ.; *Blossom*, Beechy, 1825—28, англ.; *Astrolabe*, Dumont D'Urville, 1826—29, франц.; *Tula* и *Lively*, Biscoe, 1830—32, англ.; *Beagle*, Fitzroy (Darwin), 1831—36, англ.; *Princess Louise*, Wendt, 1830—32, нѣм.; *Bonite*, Vaillant, 1836, франц.; *Venus*, Dupetit-Thouars, 1836—39, франц.; *Astrolabe*, Dumont D'Urville, и *Zélée*, Jacquinot, 1837—40, франц.; *Sulphur*, Belcher, 1837—42, англ.; *Eliza Scott* и *Sabrina*, Balleny, 1839, англ.; *Porpoise*, Wilkes, (Dana), 1839—42, америк.; *Erebus* и *Terreor*, J. Cl. Ross, 1839—43, англ.; *Samarang*, Belcher, 1843—46, англ.; *Herald*, Kellet, 1845—51, англ.; *Rattlesnake*, Stanley (Huxley), 1846—50; *Novara*, 1857—60, Wullerstorf-Urbair, австр.; *Bull-dog*, Mac-Clintoc, 1860. англ.

Всего 21 экспедиція, при чемъ полярныя экспедиціи, предпринятыя для отысканія сѣверо-западнаго прохода и вообще обслѣдованія Сѣв. Полярнаго м., сюда не вошли.

Изъ этихъ плаваній иностранныхъ судовъ особенно замѣчательны результаты изслѣдованій на суднѣ *Venus*, гдѣ Dupetit-Thouars'омъ было сдѣлано много наблюденій (59) на глубинахъ термометрами, защищенными отъ давленія, и притомъ для того времени до очень большихъ глубинъ въ 6.000 ф. и одно до 12.000 ф.

кап.-лейт. И. Крузенштерна (*Невою* командовалъ кап.-лейт. Ю. Лисянскій). Суда экспедиціи, обогнувъ м. Горнъ, прошли для выполненія своего назначенія одно въ Камчатку, другое въ Аляску и затѣмъ произвели рядъ изслѣдованій,—корабль *Надежда* въ Охотскомъ и Японскомъ моряхъ, а *Нева* въ сѣверномъ Тихомъ ок. Обратный путь былъ совершенъ большею частью совмѣстно вокругъ м. Доброй Надежды (пути см. на картѣ II). Плаваніе продолжалось три года и принесло богатые географическіе и физико-географическіе результаты.

Путешествіе Крузенштерна послужило началомъ ряда другихъ русскихъ кругосвѣтныхъ плаваній; каждое изъ нихъ принесло много наблюденій, а многія изъ нихъ сопровождались и значительными географическими открытіями въ области архипелаговъ Тихаго ок., а также и въ большихъ южныхъ широтахъ.

Эти плаванія начала XIX ст., на парусныхъ судахъ, частью принадлежавшихъ Россійско-Американской компаніи, какъ *Надежда* и *Нева*, а частью бывшихъ судами военнаго флота, въ обоихъ случаяхъ имѣли всегда офицеровъ и команды морского вѣдомства. Общее число такихъ кругосвѣтныхъ плаваній первой половины XIX ст. доходитъ до 40; въ каждомъ изъ нихъ непремѣнно производились наблюденія метеорологическія и гидрологическія, а именно теченій и температуръ воды на поверхности, нѣкоторыя же суда производили наблюденія температуръ и на глубинахъ, а также и удѣльныхъ вѣсовъ морской воды.

Крузенштернъ на *Надеждѣ* въ 1803—1806 г. наблюдалъ глубинныя температуры, пользуясь для того только-что изобрѣтеннымъ термометромъ Сикса (для наиб. и наименьш. темпер.). Онъ и его спутникъ астрономъ Горнеръ произвели въ 7 мѣстахъ вертикальные ряды наблюденій температуръ, а всего глубоководныя наблюденія были ими сдѣланы въ 9 мѣстахъ. По времени это были *первыя* наблюденія вертикальныхъ рядовъ температуръ на глубинахъ въ океанѣ.

Лейтенантъ Коцебу на бригѣ *Рюрикъ* въ 1815—1818 г. наблюдалъ въ 83 мѣстахъ температуры на глубинахъ, иногда до довольно значительныхъ глубинъ, напримѣръ, одно наблюденіе было сдѣлано на 6.000 ф. (1.829 м.). Изъ этого числа наблюденій въ 10 мѣстахъ были произведены опредѣленія вертикальныхъ рядовъ температуръ (иногда на 5—6 глубинахъ) при помощи термометра Сикса. По введеніи соотвѣтствующихъ поправокъ эти данныя имѣютъ значеніе и теперь.

Въ 1819—1821 г. Морское вѣдомство предприняло замѣчательное

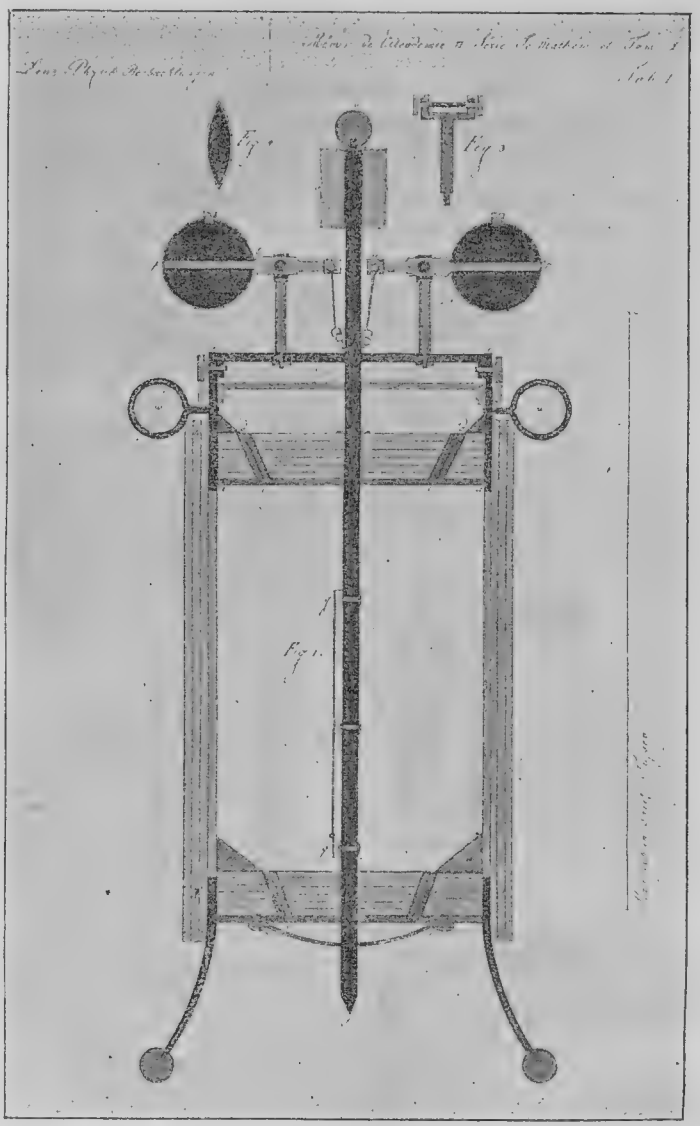
дѣло,—оно снарядило первую и единственную русскую антарктическую экспедицію, благодаря которой и русскіе моряки и ученые оказались причастны къ изученію этой отдаленнѣйшей области земного шара, возбуждающей столь большой интересъ въ настоящее время. Эта экспедиція плавала на военныхъ шлюпахъ *Востокъ* и *Мирный*, подъ общимъ начальствомъ кап. 2 р. Ѳ. Беллинсгаузена (*Мирнымъ* командовалъ лейт. М. П. Лазаревъ). Беллинсгаузенъ совершилъ въ теченіе трехъ лѣтъ и двухъ зимъ замѣчательное плаваніе въ большихъ южныхъ широтахъ, гдѣ онъ доходилъ во многихъ мѣстахъ до 69° ю. ш. (см. карту II, стр. *31*), и обслѣдовалъ гораздо большее пространство за предѣлами полярнаго круга, нежели его знаменитый предшественникъ Кукъ въ 1772—1775 г. Беллинсгаузенъ открылъ о-въ Петра I *) и Землю Александра I, лежащіе къ югу отъ м. Горна, и составилъ замѣчательное описаніе физико-географическихъ условій южной полярной области, имѣющее значеніе и до сихъ поръ. Кромѣ того, имъ были обслѣдованы многіе архипелаги южной части Тихаго ок.

Второе плаваніе вокругъ свѣта, совершенное кап.-лейт. О. Коцебу въ 1823—1826 г. на военномъ шлюпѣ *Предпріятіе*, отмѣчено еще болѣе важными въ океанографическомъ отношеніи работами, благодаря сотрудничеству извѣстнаго физика Эмилія Ленца, сопровождавшаго Коцебу. Ленцъ обстоятельно подготовился къ научнымъ изслѣдованіямъ въ плаваніи, построилъ первый батометръ, приносившій воду съ глубинъ съ очень мало измѣненною температурою; пользовался термометромъ, предохраненнымъ отъ давленія, и вводилъ поправки на вліяніе давленія воды и измѣненій отъ перемѣнъ температуры во время поднятія прибора съ глубины; благодаря такимъ предосторожностямъ, его наблюденія вертикальныхъ рядовъ температуръ до 5.835 ф. (1.778 м.) и отдѣльныя наблюденія до 6.476 ф. (1.972 м.) дали первыя правильныя представленія о температурахъ на большихъ глубинахъ въ океанахъ.

Наблюденія были произведены въ 13 мѣстахъ, изъ нихъ въ четырехъ—вертикальные ряды температуръ. Ленцъ же построилъ и первый глубомѣръ съ тормозомъ для опредѣленія момента достиженія лотомъ дна; къ сожалѣнію, этотъ приборъ не былъ въ свое время достаточно извѣстенъ и потому, не получивъ распространенія, былъ забытъ. Въ те-

*) Точность астрономическихъ опредѣленій Беллинсгаузена была доказана въ 1910 г., когда французская экспедиція д-ра Шарко въ туманѣ нашла о-въ Петра I, руководясь только его положеніемъ, опредѣленнымъ русскими моряками за 90 л. до того.

ченіе всего плаванія Ленцъ производилъ правильныя наблюденія надъ удѣльнымъ вѣсомъ воды, это были *первыя* наблюденія такого рода и къ тому же замѣчательныя по своей точности. Такимъ образомъ труды Коцебу и Ленца въ 1823—1826 г. представляютъ во многихъ отношеніяхъ не только важный вкладъ въ науку, но и дѣйствительное начало точныхъ наблюденій въ океанографіи, чѣмъ русскій флотъ и русская наука могутъ гордиться.



Фиг. III. Батометръ Ленца и Паррота.

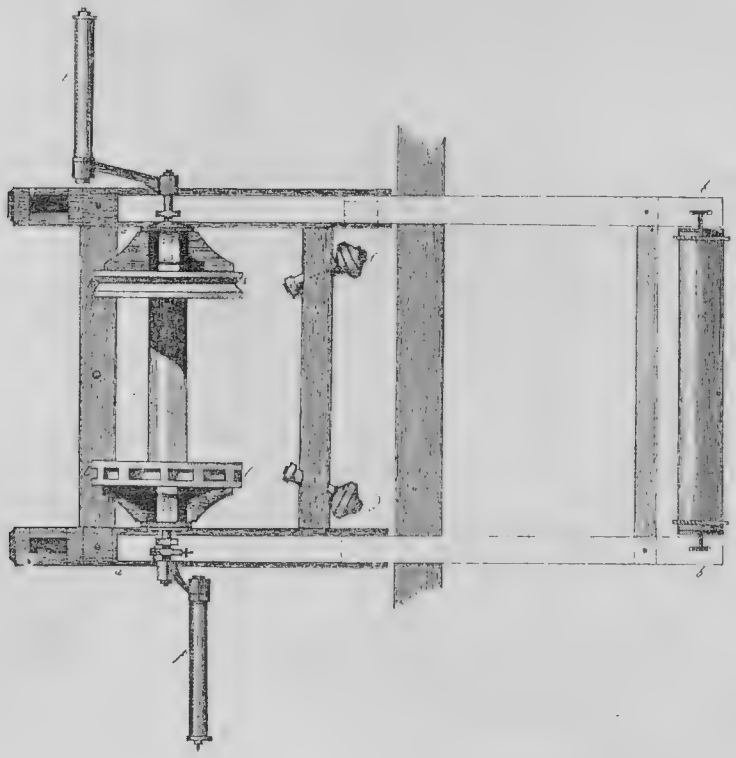
Батометръ Ленца и Паррота, изображенный на прилагаемомъ чертежѣ (фиг. III), былъ основанъ на законѣ Паррота, по которому теплопроводность тѣмъ менѣе, чѣмъ изъ большаго числа слоевъ различной теплопроводности составлена данная стѣнка.

Батометру была придана цилиндрическая форма, при чемъ стѣнки и днища состояли изъ 17 слоевъ по очереди изъ жести и сукна, пропитаннаго воскомъ и саломъ. Снаружи приборъ былъ обшитъ парусиною и окрашенъ. Внѣшній діаметръ его — 352 м.м., а внутренній — 298 м.м., высота — 433 м.м. Два коническихъ клапана, соединенные желѣзнымъ стержнемъ, одновременно закрываютъ

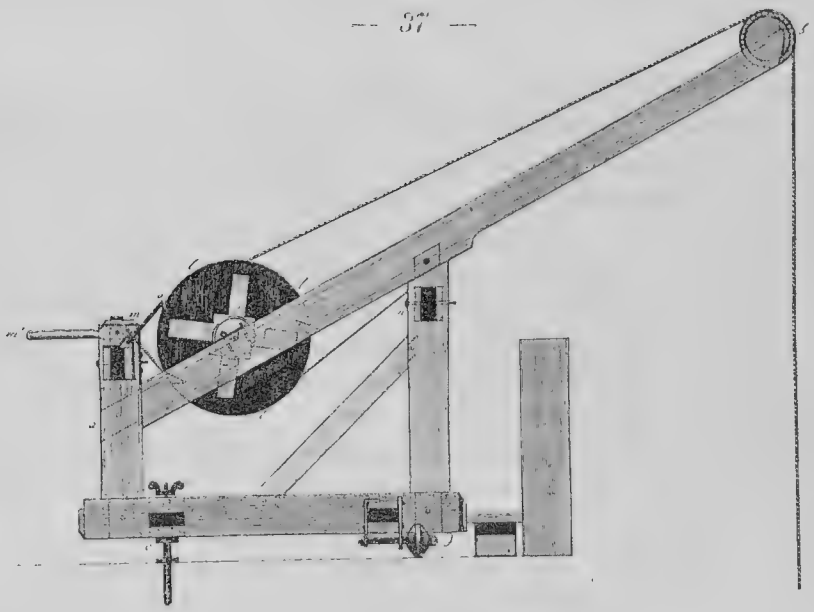
и открываютъ батометръ. Для уменьшенія вѣса клапановъ надъ ними сдѣлано два противовѣса p—p, загруженныхъ настолько, чтобы клапана имѣли достаточный перевѣсъ. Чтобы при поднятіи прибора случайно клапана не открывались, вверху стержня устроенъ стаканъ, открытый вверхъ, на который при поднятіи батометра давитъ вода, а по выходѣ изъ нея въ стаканѣ остается еще вода, увеличивающая вѣсъ клапановъ.

Къ стержню укрѣпленъ термометръ g—g съ шарикомъ внизу батометра, чтобы онъ находился въ наиболѣе холодномъ слоѣ воды, если послѣдняя нагрѣется при подниманіи батометра. Для предохраненія термометра отъ вліянія давленія на глубинахъ, онъ былъ сдѣланъ изъ толстаго стекла (1,1 м.м. толщиною), и опытомъ найдено, что 15 мин. достаточно, чтобы термометръ принялъ окружающую температуру. Батометръ былъ обстоятельно изслѣдованъ, и опытомъ найдены поправки на измѣненіе температуры воды въ немъ при поднятіи его черезъ верхніе болѣе теплые слои воды. Также были найдены поправки глубины опусканія прибора отъ растяженія линя и его уклона отъ вертикальной линіи (это все впервые было принимаемо во вниманіе).

Приборъ для измѣренія глубинъ былъ построенъ на совершенно новомъ основаніи, которое было проведено въ жизнь много позднѣе В. Томсономъ только въ 1870 г. Глубомѣръ Ленца и Паррота, какъ видно на чертежахъ (фиг. IV и V), состоялъ изъ деревяннаго станка, вращающагося на оси c при помощи катковъ d — f; на внѣшнемъ концѣ станка былъ укрѣпленъ катокъ b для сбѣганія черезъ него лотлиня. Въ задней части станка имѣлся воротъ k — l съ рукоятками p, одновременно служившій и вьюшкою для лотлиня.



Фиг. IV. Глубомѣръ Ленца и Паррота. Планъ.



Фиг. V. Глубомѣръ Ленца и Паррота. Бокъ.

Правая щека вьюшки *l* имѣла углубленія для остановки ворота, а вдоль обода лѣвой щеки *k* былъ устроенъ клиновидный каналъ. Онъ служилъ для торможенія вьюшки помощью особаго тросоваго стопора, укрѣпленнаго въ точкѣ *n*, который рукояткою *m'* (фиг. V) зажимался по мѣрѣ увеличенія длины лотлиня, вытравленнаго за бортъ. Такимъ образомъ глубомѣръ Ленца и Паррота въ идеѣ заключалъ все то, что̀ потомъ вновь было предложено В. Томсономъ; къ сожалѣнію, приборъ появился слишкомъ рано, когда еще мало думали объ океанографическихъ изслѣдованіяхъ, не былъ усовершенствованъ съ технической стороны, а потомъ совершенно позабытъ, такъ же, какъ и батометръ, нашедшій себѣ потомъ полное подобіе въ приборѣ Нансенъ-Петтерсона.

Насколько наблюденія Э. Ленца его батометромъ были хороши, видно изъ сравненія ихъ съ таковыми же на *Challenger'ѣ* (сравненіе сдѣлано М. А. Рыкачевымъ). Наблюденія Ленца были первыя точныя данныя о температурахъ на глубинахъ.

Глубины	Набл. Э. Ленца	Наблюденія *Challenger'a*.	
въ метрахъ	18 Мая 1824 г.	1 Апр. 1875 г.	12 Авг. 1875 г.
	21°14′ с. ш., 163°59′ в. д.	22°1′ с. ш., 140°27′ в. д.	20°18′ с. ш., 157°14′ з. д.
0	26,4 Ц.	25,8 Ц.	25,8 Ц.
274	16,4	18,0	10,1
805	3,2	5,9	4,4
1.296	2,9	2,8	3,2
1.783	2,4	2,2	2,4

Описаніе плаванія вышло отдѣльно, а научныя наблюденія были особо изданы Э. Ленцомъ *).

*) „Путешествіе вокругъ свѣта на военномъ шлюпѣ *Предпріятіе* въ 1823—1826 г., подъ начальствомъ флота кап.-лейт. Коцебу, 1828 г.“

„Physicalische Beobachtungen, angestelt auf einer Reise um die Welt . . . . “, 1830, E. Lenz.

Въ 1826—1829 г. для изслѣдованія береговъ Азіи и Америки въ Беринговомъ м. и сѣвернаго Тихаго ок. было снаряжено двѣ экспедиціи на военныхъ шлюпахъ *Моллеръ* подъ командою кап.-лейт. Станюковича и *Сенявинъ* подъ командою кап.-лейт. Ѳ. Литке, послѣдній особенно много сдѣлалъ по изученію распредѣленія земного магнетизма и опредѣленію силы тяжести въ разныхъ мѣстахъ Тихаго ок.

Нельзя не отмѣтить здѣсь, что всѣ эти кругосвѣтныя плаванія были совершены на небольшихъ судахъ (*Надежда* — 450 тонъ, *Рюрикъ* — 180 т., *Востокъ*—900 т., *Предпріятіе*—750 т.), несмотря на то успѣшно выполнившихъ свою задачу.

Общее количество опредѣленій температуръ на глубинахъ въ океанахъ, сдѣланныхъ вообще судами всѣхъ націй до 1868 г. и сохраняющихъ свое значеніе и до сихъ поръ, доходитъ всего до 522, изъ этого числа на долю русскихъ мореплавателей приходится 119, т.-е. 21%. Уже одно это обстоятельство показываетъ, сколь много русскіе моряки интересовались научными работами, не упуская случая для производства наблюденій, и на маленькихъ судахъ и съ небольшими средствами сдѣлали многое, сохраняющее научное значеніе до сихъ поръ, несмотря на быстрый ростъ географической науки въ послѣднее столѣтіе.

«Tous les événements, ceux même qui par leur petitesse semblent ne pas tenir aux grandes lois de la nature, en sont une suite aussi nécessaire que les révolutions du soleil».

«Théorie analitique des Probabilités», Introduction; par le compte de-Laplace.

Paris, 1814.

Развитіе океанографическихъ идей отъ плаванія Кука до плаванія Challenger'a.—Усовершенствованія въ морской астрономіи.—Въ теченіе разсматриваемаго промежутка времени были введены многія улучшенія въ способахъ опредѣленій долготъ въ морѣ, благодаря изобрѣтенію фран-

цузами Берту и Лероа хронометровъ, изданію англичанами „Nautical Almanach“, изобрѣтенію секстана Доллондомъ въ Англіи; а также разработкѣ способа опредѣленія разности долготъ по наблюденіямъ лунныхъ разстояній. Послѣднее стало возможнымъ благодаря составленію Лапласомъ лунныхъ таблицъ, дававшихъ мѣста луны гораздо точнѣе, нежели до тѣхъ поръ было возможно.

Раздѣленіе океановъ постепенно разрабатывалось французскими учеными Флёрье и Мальте-Брёномъ, и наконецъ въ 1845 г. Королевское Географическое Общество въ Лондонѣ установило границы океановъ, которыя до начала XX ст. признавались всѣми въ наукѣ; главное отличіе отъ современнаго взгляда состояло въ выдѣленіи южнаго Полярнаго ок., нынѣ раздѣляемаго между тремя другими океанами. Лучшаго рѣшенія вопроса въ то время нельзя было и ожидать; свѣдѣнія о рельефѣ дна океановъ, ихъ физическихъ свойствахъ и о движеніи водъ въ нихъ почти отсутствовали вовсе, потому въ вопросѣ о раздѣленіи Мірового ок. на части приходилось руководствоваться изъ всѣхъ морфологическихъ признаковъ наименѣе основательнымъ — береговыми очертаніями.

Измѣреніе глубинъ океановъ въ разсматриваемый промежутокъ времени значительно подвинулось впередъ. Во-первыхъ, въ началѣ XIX ст. появились попытки измѣренія большихъ глубинъ; въ плаваніи О. Коцебу и Э. Ленца на *Предпріятіи* (1823—1826 г.) принимали впервые во вниманіе поправки на отклоненіе линя отъ вертикальнаго направленія вслѣдствіе дрейфа корабля, а также поправки на укорачиваніе лотлиня отъ его намоканія. Открытіе Дж. Кл. Россомъ пріема для замѣчанія момента достиженія лотомъ дна (1839—1843 г.) и изобрѣтеніе Брукомъ лота съ отдѣляющеюся тяжестью (1854 г.) дали въ руки ученыхъ мореплавателей вѣрное средство для опредѣленія большихъ глубинъ.

Рельефъ дна всѣхъ океановъ однако, несмотря на указанныя усовершенствованія въ измѣреніи глубинъ, не могъ быть представленъ вслѣдствіе крайне малаго числа измѣреній. Только для части сѣвернаго Атлантическаго ок., гдѣ въ это время стали прокладывать первые телеграфные кабели, благодаря измѣреніямъ англійскихъ и американскихъ офицеровъ военнаго флота, было опредѣлено столько глубинъ, что лейтенантъ американскаго флота Моря могъ построить первую карту рельефа дна сѣвернаго Атлантическаго ок. (см. стр. *31*); на ней уже встрѣчаются глубины въ 4.500 м. с. (8.200 м.) безъ вопросительнаго знака.

Рельефъ дна другихъ частей Мірового ок. оставался почти неизвѣстнымъ до плаванія *Challenger'a*. Капитанъ англійскаго военнаго флота, извѣстный своими научными работами, Шерардъ Осборнъ, передъ отправленіемъ *Challenger'a* (въ Ноябрѣ 1870 г.), въ своемъ обзорѣ рельефа дна Атлантическаго и Индійскаго ок. и Средиземнаго м., основываясь на всей совокупности извѣстныхъ тогда матеріаловъ по рельефу дна океановъ, указываетъ, что, благодаря прокладкѣ телеграфныхъ кабелей, наука обладаетъ знаніемъ нѣкоторыхъ профилей океаническаго дна съ общимъ протяженіемъ всего въ 17.000 морск. м. (31.480 к.), тогда какъ одинъ *Challenger* прошелъ 68.900 морск. миль, и по всѣмъ пройденнымъ имъ путямъ можно составить подобные и лучшіе профиля, а по многимъ настоящіе гидрологическіе разрѣзы. Въ своемъ трудѣ Шерардъ Осборнъ могъ привести только семь профилей глубинъ: отъ Оркнейскихъ о-въ къ Лабрадору (Макъ-Клинтокъ, 1860 г.), отъ Ирландіи къ Ньюфаундленду (Дэйманъ, 1869 г.), отъ Франціи до южныхъ береговъ Соединенныхъ Штатовъ, продольный профиль Атлант. ок. отъ м. Доброй Надежды до Англіи (Шортландъ, 1868 г.); въ Индійскомъ ок. отъ Адена до Бомбея, отъ Мадраса до Пенанга поперекъ Бенгальскаго зал., и наконецъ продольный профиль Средиземнаго м. На основаніи этого матеріала и карты Мори, онъ высказалъ нѣсколько мыслей о характерѣ рельефа дна Атлантическаго ок., въ общемъ довольно вѣрныхъ *). О рельефѣ дна Тихаго ок. въ это время ничего почти не было извѣстно.

О среднихъ глубинахъ по немногимъ линіямъ дугъ большихъ круговъ въ Тихомъ ок. еще кое-что знали, вычисляя ихъ по наблюденіямъ скоростей волнъ отъ землетрясеній; такія вычисленія относятся къ серединѣ XIX ст. и позже.

Грунтъ дна въ теченіе даннаго промежутка времени началъ изучаться впервые, потому что до Кука никому и въ голову не приходило имъ интересоваться, за исключеніемъ чисто-навигаціонной точки зрѣнія, какъ удобнаго или неудобнаго грунта для стоянки на якорѣ, хорошо ли онъ будетъ забирать или будетъ скользить; т.-е. интересовались грунтомъ только на прибрежныхъ глубинахъ.

Случаи доставанія грунта дна со значительныхъ глубинъ были и въ началѣ XIX ст. (Джонъ Россъ 1817—1818 г. въ Бафф. м. съ глубинъ

*). „The Geography of the bed of the Atlantic and Indian Oceans and Mediterranean Sea", by capt. Sherard Osborn, R. N., F. R. S.—Journal of the R. Geograph, Soc., vol. 41, 1871, p. 46.

до 6.300 ф. = 1.920 м.). Профессоръ А. Бэшъ (Bache), начальникъ Coast and Geodetic Survey Соедин. Штатовъ, первый обратилъ вниманіе на интересъ сохраненія образцовъ грунта дна, получаемыхъ при гидрографическихъ промѣрахъ (1844 г.), но настоящіе глубоководные образцы грунтовъ были получены только послѣ изобрѣтенія лота Брука (1854 г.).

Образцы грунтовъ, добытые вдоль береговъ Соединенныхъ Штатовъ, изслѣдованные подъ микроскопомъ проф. Бэлей (1851 г.), уже показали ему, насколько значительную часть ихъ составляли скопленія известковыхъ остатковъ скорлупокъ фораминиферъ, и тѣмъ бо̀льшую, чѣмъ образецъ былъ взятъ дальше отъ берега и съ большей глубины. Неорганическія частички въ образцахъ съ малыхъ глубинъ были окатаны, а съ бо̀льшихъ глубинъ — съ острыми краями. Позднѣе тотъ же Бэлей (1856 г.), изслѣдуя образцы глубоководныхъ грунтовъ (собранныхъ Брукомъ въ сѣверномъ Тихомъ ок. около Камчатки съ глубинъ 900 м. с. = 1.646 м., 2.700 м. с. = 4.938 м.), нашелъ подтвержденіе своимъ взглядамъ, высказаннымъ выше, и добавилъ, что въ большихъ широтахъ органическая часть образцовъ грунта состоитъ главнымъ образомъ изъ остатковъ мельчайшихъ организмовъ, имѣющихъ кремнистые скелетики, а не известковые.

Эренбергъ еще ранѣе (1836 г.), изучая осадочныя породы, доказалъ, что онѣ иногда почти сплошь образованы скопленіями остатковъ мельчайшихъ и микроскопическихъ скорлупокъ и скелетиковъ діатомовыхъ водорослей, губокъ и радіолярій, а иногда глобигеринидъ. Этимъ онъ доказалъ впервые, сколь значительную роль играли эти микроорганизмы въ образованіи многихъ осадочныхъ образованій, входящихъ теперь въ видѣ горныхъ породъ въ составъ земной коры. Изслѣдованія Бэлей показали, что подобныя отложенія образуются и въ наше время на днѣ морей и океановъ. Такимъ путемъ была создана тѣсная связь между геологіей и океанографіей.

Оставалось рѣшить, гдѣ же эти организмы живутъ—на днѣ или въ приповерхностныхъ слояхъ. Эренбергъ былъ того мнѣнія, что эти организмы и жили у дна океана, а Бэлей и съ нимъ Мори держались противоположнаго мнѣнія, полагая, что они живутъ въ приповерхностныхъ слояхъ.

Изслѣдованіе грунта дна было тѣсно связано съ изученіемъ вообще распространенія органической жизни на глубинахъ; уже и въ то время

многіе склонялись къ мысли о возможности жизни на глубинахъ, несмотря на темноту и большое давленіе. Въ 1860 г. порча телеграфнаго кабеля между Сардиніей и Африкою заставила поднять съ глубины 1.200 м. с. (2.195 м.) около 70 кил. кабеля, къ которому оказались приросшими многіе организмы, особенно глубоководные кораллы, что окончательно доказало возможность существованія жизни на большихъ глубинахъ.

Во второй половинѣ XIX ст. Делессъ (въ 1871 г.) издалъ первыя карты распредѣленія грунтовъ у береговъ Франціи и части Атлантическаго ок. съ нѣкоторыми морями, съ обозначеніемъ рельефа дна и характера грунтовъ, при чемъ была сдѣлана первая попытка раздѣленія грунтовъ на разряды.

Температуры воды на глубинахъ за это время стали впервые изслѣдоваться. Первыя наблюденія вертикальныхъ рядовъ температуръ были сдѣланы русскими моряками,—Крузенштерномъ въ 1803—1806 г. во время перваго русскаго кругосвѣтнаго плаванія, когда впервые былъ примѣненъ термометръ Сикса (изобрѣтенъ въ 1782 г.) для наибольшихъ и наименьшихъ температуръ *).

Послѣ Крузенштерна многія экспедиціи производили наблюденія вертикальныхъ рядовъ температуръ, но первыми по числу наблюденій и точности ихъ идутъ наблюденія Коцебу на *Рюрикѣ* (1815—1818 г.), его же и Ленца на *Предпріятіи* (1823—1826 г.), Дю-Пти-Туара (1836—1839 г.), Дюмонъ Д'Юрвиля (1837—1840 г.) и Келлета (1845—1851 г.).

Первыя достаточно точныя наблюденія принадлежатъ Ленцу (1823—1826 г.), и имъ же вмѣстѣ съ Парротомъ были сдѣланы первые опыты надъ вліяніемъ давленія воды на показанія термометра (въ 1832 г.); но, повидимому, первые термометры съ предохраненіемъ шарика отъ давленія воды были построены французами (Бунтеномъ), потому что Дю-Пти-Туаръ уже употреблялъ ихъ (1836 г.).

Въ 1857 г. механики Негретти и Замбра въ Лондонѣ, повидимому, по предложенію адмирала Фицъ-Роя, придумали и построили термометры съ двойными шариками для предохраненія его отъ давленія, что употребляется и сейчасъ.

---

*) Самыя первыя единичныя попытки измѣренія температуръ на глубинахъ были сдѣланы еще въ XVIII ст., изъ нихъ наиболѣе успѣшныя Соссюра въ Средиземномъ м. (1780 г.) помощью термометра съ шарикомъ, окруженнымъ плохо проводящею температуру оболочкою.

Взгляды и гипотезы о распредѣленіи температуръ на глубинахъ.— Первыя идеи по вопросу о температурахъ на глубинахъ были высказаны А. Гумбольдтомъ (1812 г. и позже); онъ думалъ, что слои холодной воды на глубинахъ въ малыхъ широтахъ есть доказательство существованія подводныхъ теченій отъ полюсовъ къ экватору, а отсюда онъ заключалъ, что и вся масса водъ океановъ находится въ постоянномъ движеніи.

Э. Ленцъ, первый доказавшій неопровержимо существованіе холодныхъ слоевъ (около 2°—3°) на большихъ глубинахъ и,—что особенно важно,—постепенное понижеиіе температуры въ океанахъ съ глубиною, сперва быстрое, а потомъ медленное, высказалъ совершенно такое же мнѣніе, подтвердивъ его своими и всѣми другими наблюденіями, имѣвшимися до 1845 г. *). По его мнѣнію, теплыя воды на поверхности должны расходиться отъ экватора къ полярнымъ широтамъ, откуда на глубинахъ холодныя воды двигаются къ экватору, гдѣ онѣ и поднимаются на поверхность.

Результаты, полученные Ленцомъ въ плаваніи на *Предпріятіи* (1823—1826 г.), относительно низкихъ температуръ на большихъ глубинахъ (около +1°,7—+2°,8 Ц.), были подтверждены наблюденіями Дю-Ити-Туара на *Venus* (1836—1839 г.), также употреблявшаго термометры, защищенные отъ давленія.

Араго въ своей обработкѣ трудовъ экспедиціи на *Venus* **) указалъ на значеніе существованія столь низкихъ температуръ на глубинахъ Тихаго и Атлантическаго ок.; онъ находилъ эти наблюденія очень важнымъ доказательствамъ, опровергающимъ мнѣніе, утвердившееся-было въ научныхъ работахъ, что температура на глубинахъ океановъ не можетъ быть ниже 4° Ц. Какъ справедливо замѣчаетъ Араго, это мнѣніе было необдуманно заимствовано изъ наблюденій температуръ на поверхности и глубинахъ въ швейцарскихъ озерахъ, т.-е. въ прѣсноводныхъ водоемахъ.

Въ другомъ мѣстѣ ***) Араго, обсуждая наблюденія на *Venus*, прямо указываетъ, что единственное объясненіе холодной воды на глубинахъ

*) E. Lenz. „Bemerkungen über die Temperatur des Weltmeeres in verschiedenen Tiefen". Bulletin de l'Académie Impériale de Sciences. St.-Petersbourg. 1847 и болѣе ранняя работа 1831 г.

**) „Voyage autour du Monde sur la frégate *La Venus*, capitaine Dupetit-Thouars. Physique, vol. V, Paris, 1844; также „Oeuvres complètes d'Arago", vol. IX, p. 254.

***) „Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences", Paris, 1840, vol. XI, p. 311.

въ тропикахъ есть допущеніе существованія холодныхъ теченій на глубинахъ изъ полярныхъ странъ къ экватору.

Дюмонъ Д'Юрвиль, послѣ его кругосвѣтнаго плаванія на *Astrolabe* 1826—1829 г., гдѣ онъ наблюдалъ температуры на глубинахъ не защищенными отъ давленія термометрами *), высказалъ мнѣніе, что въ океанахъ ниже 975 м. до дна существуетъ слой воды постоянной температуры около + 4° Ц. Дж. Кл. Россъ послѣ своего антарктическаго плаванія на *Erebus* и *Terror* въ 1839—1843 г. **) высказалъ такое же мнѣніе, какъ и Дюмонъ Д'Юрвиль, и даже указалъ, что въ океанѣ около 56° ю. ш. слой постоянной температуры + 4° выходитъ на поверхность и отсюда къ полюсу и къ экватору углубляется; къ полюсу надъ нимъ лежатъ воды болѣе низкихъ температуръ, а къ экватору—болѣе высокихъ. Мнѣнія Дюмонъ Д'Юрвиля и Росса были основаны не только на ошибочныхъ слишкомъ большихъ температурахъ вслѣдствіе давленія воды на шарикъ термометра, но и на невѣрномъ представленіи о температурѣ наибольшей плотности морской воды, которую они оба принимали одинаковою, какъ и для прѣсной. Хотя въ это время (1828 и 1837 г.) въ наукѣ уже были работы, указавшія, что наибольшая плотность морской воды бываетъ при температурахъ ниже нуля.

Къ этому же времени относится и первое объясненіе явленія постоянной температуры на глубинахъ Средиземнаго м., что̀ наблюдалось уже нѣсколькими лицами. Первое объясненіе этого явленія было дано Араго, который сразу указалъ на вѣрную причину — малую глубину Гибралтарскаго пр., не дозволяющую водѣ болѣе низкихъ температуръ съ глубинъ океана проникать въ это море ***).

Опредѣленія температуры наибольшей плотности морской воды были предприняты Марсэ (1819 г.), затѣмъ Эрманомъ (1828 г.), но болѣе обстоятельная работа такого рода была выполнена Депрецомъ****) въ 1837 г. Онъ опредѣлилъ не только температуру наибольшей плотности морской воды опредѣленной солености, но и точку ея замерзанія и показалъ, что обѣ эти температуры зависятъ отъ степени солености.

*) „Voyage de *l'Astrolabe*", vol. V. Paris, 1833, p. 51.

**) „A Voyage of discovery and research in the Southern and Antarctic Regions during the years 1839—1843", 2 vol., London, 1847; vol. II, p. 375; J. C. Ross.

***) „Instructions concernant la Météorologie et la Phisique du Globe" par Arago, Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris, 1838, 7 VII, 2 partie, p. 212.

****) „Recherches sur le maximum de densité de l'eau pure et des solutions aqueuses", Despretz, Annales de Chimie, vol. LXX, p. 5.

Составъ морской воды, ея соленость и удѣльный вѣсъ въ теченіе разсматриваемаго времени начали изучаться обстоятельно. Прежде всего появились наблюденія удѣльнаго вѣса; первыя охватившія большое пространство и замѣчательныя по своей точности были сдѣланы Э. Ленцомъ въ плаваніи на *Предпріятіи* (1823—1826 г.), и на ихъ основаніи имъ было высказано предположеніе о существованіи по обѣ стороны экватора полосъ съ наибольшимъ удѣльнымъ вѣсомъ и слѣдовательно наибольшей солености; между тѣмъ около экватора лежитъ полоса съ меньшимъ удѣльнымъ вѣсомъ и соленостью, а отъ полосъ наибольшаго удѣльнаго вѣса къ полюсамъ какъ удѣльный вѣсъ, такъ и соленость убываютъ. Это совершенно совпадаетъ съ современнымъ взглядомъ на данный вопросъ.

Первыя попытки опредѣленія состава морской воды были сдѣланы еще въ концѣ XVIII ст., но вполнѣ обстоятельная работа такого рода была выполнена только во второй половинѣ XIX ст. Форшхаммеромъ *) (1865 г.) на основаніи анализовъ многихъ образцовъ изъ разныхъ мѣстъ океановъ. При этомъ Форшхаммеръ впервые установилъ постоянство химическаго состава морской воды во всѣхъ мѣстахъ Мірового ок., что подтверждено и новѣйшими изслѣдованіями.

Цвѣтъ морской воды былъ впервые обслѣдованъ Бунзеномъ, затѣмъ работы Тиндаля и другихъ подвинули вопросъ, но рѣшенъ онъ былъ позже Шпрингомъ (1883 г.).

Прозрачность начали наблюдать въ XIX ст., первыя наблюденія принадлежатъ О. Коцебу (1817 г.) во время его плаванія на *Рюрикѣ*.

Волненіе **) впервые начало изучаться въ XVIII ст., первыя изслѣдованія принадлежатъ Ньютону (1726 г.). Потомъ Лапласъ и Лагранжъ подвинули впередъ теорію вопроса. Первые опыты сдѣланы Флюжергомъ въ 1793 г. Болѣе обстоятельно занимались этимъ вопросомъ Герстнеръ въ 1802 г. и Пуассонъ въ 1816 г. Затѣмъ братья Веберъ издали въ 1825 г. обширный трудъ о волновомъ движеніи частицъ. Наблюденія надъ волненіемъ въ морѣ начаты Уильксомъ во время его антарктическаго плаванія (1838—1842 г.) Обстоятельныя наблюденія волненія въ океанахъ были сдѣланы лейтенантомъ Пари въ 1867—1870 г. Къ этому же времени относятся и теоретическіе труды Ранкина и опыты Фруда.

*) „On the composition of sea water in the different parts of the Ocean", G. Forchhammer. Philosphical Transactions. London, 1865, vol. 155, p. 203.

**) См. подробнѣе, стр. 229.

Приливы *) получили первое теоретическое объясненіе въ трудахъ Ньютона (1687 г. Phil. nat. princ. math. **), потомъ развитыхъ Бернулли (1740 г.) и особенно Лапласомъ (Mécan. céleste, 1799 — 1825 г.), а потомъ Эри (1842 г.). Для практической стороны дѣла особенно много сдѣлалъ Уевель (1833—1854 г. въ Philosph. Tr.), собравшій и содѣйствовавшій увеличенію числа мѣстъ наблюденій надъ приливами.

Теченія въ этотъ промежутокъ времени отъ конца XVIII ст. до второй половины XIX ст. пользовались большимъ вниманіемъ ученыхъ; въ это время началось научное ихъ изученіе, а слѣдовательно и возможность практическихъ приложеній выводовъ въ мореплаваніи. Первое дѣйствительно научное изслѣдованіе теченій было предпринято Франклиномъ***) (1770 г.), и имъ же были высказаны первые теоретическіе взгляды на причины теченій. Затѣмъ Гумбольдтъ (1814 г.) среди своихъ многочисленныхъ географическихъ работъ, между прочимъ, высказалъ мнѣніе о существованіи годовыхъ колебаній въ теченіяхъ. Реннель (1832 г.) составилъ первый атласъ теченій сѣв. Атлантическаго ок., основанный на наблюденіяхъ. Но особенно много для изученія теченій сдѣлалъ лейтенантъ американскаго флота Мори. Онъ собралъ громадное количество наблюденій теченій, обработалъ ихъ, и, не удовольствуясь этимъ, постоянно перерабатывая все увеличивающійся матеріалъ, онъ выпустилъ нѣсколько изданій своей «Физической географіи моря», а также и „Sailing directions“ ****), въ которыхъ помѣщена составленная имъ первая основанная на наблюденіяхъ карта теченій океановъ.

Къ этимъ трудамъ въ серединѣ XIX ст. присоединяются такія же, но позднѣйшія работы: англійская А. Финдлея и французская Керхаллэ.

Здѣсь слѣдуетъ указать, что изученіе теченій было бы невозможно, если бы въ разсматриваемое время мореходная и вообще астрономія не сдѣлали большихъ успѣховъ. Къ этому времени относятся: изобрѣтеніе хронометровъ, улучшеніе астрономическихъ отражательныхъ инструментовъ, созданіе мореходныхъ эфемеридъ и наконецъ теоретическія изслѣдованія Лапласа, позволившія ему составить лунныя таблицы, въ свою

*) См. стр. 286.

**) Первый русскій переводъ этого замѣчательнѣйшаго труда, сдѣланный А. Н. Крыловымъ, появился только въ 1915—1916 г. въ „Извѣстіяхъ Никол. Морской Академіи“.

***) См. стр. 411, 412, фиг. 163 и 164.

****) Maury. „Explanations and Sailing directions to accompany the wind and current charts“, 8—th edition, Washington, 1859.

очередь давшія возможность примѣнять съ успѣхомъ способъ лунныхъ разстояній для опредѣленія разностей долготъ въ морѣ *).

Органическая жизнь въ нѣдрахъ океана и на его поверхности изучалась въ разсматриваемое время впервые. Постепенно изслѣдованія показали, что прежнія предположенія о невозможности существованія животныхъ на большихъ глубинахъ совершенно произвольны, они были оставлены, и было доказано, что и на большихъ глубинахъ въ океанѣ существуетъ органическая жизнь.

Въ началѣ и серединѣ XIX ст. двое ученыхъ оказали большое вліяніе на развитіе океанографіи. Одинъ изъ нихъ былъ А. Гумбольдтъ, (1769—1859 г.), охватившій всѣ существовавшія тогда отрасли географіи и вездѣ подвинувшій не только степень знаній, но и способы изслѣдованія много впередъ. Имъ, между прочимъ, былъ предложенъ картографическій способъ изученія распространенія физико-географическихъ явленій (карты изотермъ), который затѣмъ получилъ столь широкое распространеніе, сопровождающееся такими плодотворными результатами.

Еще больше вліянія на развитіе океанографіи и столь тѣсно связанной съ нею морской метеорологіи имѣлъ лейтенантъ Мори. (Matthew, Fontaine Maury, 1807—1873). Онъ былъ первый, показавшій воочію, какое большое значеніе имѣютъ для успѣха мореплаванія: производство правильныхъ наблюденій надъ явленіями воздушнаго и воднаго океановъ и ихъ обработка, дающія единственный способъ для облегченія и увеличенія безопасности мореплаванія, этого главнѣйшаго способа сообщенія и средства развитія цивилизаціи. Лейтенанту Мори обязаны морская метеорологія и океанографія установленіемъ правильнаго собиранія матеріала плавающими судами. Съ этою цѣлью по его почину была созвана въ 1853 г. международная Морская конференція въ Брюсселѣ, которая установила по его плану однородную систему для судовыхъ наблюденій и ихъ записей, принятую флотами всего міра.

Мори распространялъ свои взгляды и результаты своихъ изслѣдованій помощью двухъ родовъ трудовъ. Въ послѣдовательныхъ изда-

---

*) Интересно отмѣтить, что настоящее время совпало съ совершеннымъ упраздненіемъ этого способа опредѣленія долготы въ морѣ. Искровой телеграфъ далъ новое и во много разъ болѣе удобное и точное средство для той же цѣли.

шіяхъ „Sailing directions“ *) излагались имъ общіе результаты и практическіе выводы, необходимые мореплавателямъ; въ изданіяхъ же своей „Phisical geography of the Sea“ **) онъ разбиралъ широко всѣ вопросы, относящіеся къ наукѣ о морѣ. Послѣдовательныя изданія этого послѣдняго труда представляютъ кромѣ того и историческій интересъ, показывая, какъ развивались океанографія и морская метеорологія въ началѣ своего существованія.

Начало собственно океанографическихъ изслѣдованій, плаваніе *Challenger'a* и другихъ экспедицій до 1917 г.—Въ 1868 г. по почину Королевскаго Общества въ Лондонѣ (англійская акад. наукъ) было устроено небольшое океанографическое плаваніе на военномъ кораблѣ *Lighting* подъ руководствомъ главнаго устроителя экспедиціи Карпентера и Уайвиль Томсона. Они произвели нѣкоторыя работы (драгировки, измѣренія глубинъ и температуръ) между Шотландіей и Фарёрскими о-ми. Результаты оказались очень интересными, и на слѣдующее лѣто адмиралтейство предоставило въ ихъ распоряженіе лучшее судно, *Porcupine*, на которомъ работы были поставлены шире и распространены отъ Шотландіи до Біскайскаго зал. Въ 1870 г. начатыя работы продолжались и были доведены до Средиземнаго м. (на *Porcupine* и *Shearwater*, послѣднимъ командовалъ Нэрсъ).

Эти три плаванія главнымъ образомъ послужили для разработки способовъ и пріемовъ работъ и усовершенствованія приборовъ. Многія отрасли изслѣдованія приходилось создавать заново, напримѣръ, химическій анализъ воды и анализъ газовъ, въ ней заключенныхъ, а для этого приходилось производить цѣлый рядъ опытовъ.

Одновременно океанографическія изслѣдованія начались и въ другихъ странахъ, такъ въ 1869 г. въ Германіи была основана, существующая и до сихъ поръ, Комиссія по изученію нѣмецкихъ морей, съ самаго начала много сдѣлавшая для постановки газоваго анализа морской воды (Якобсенъ), а впослѣдствіи по вопросу объ изученіи планктона (Гензенъ).

Въ то же время и въ Соединенныхъ Штатахъ занялись обслѣдованіемъ прилегающихъ водъ Атлантическаго ок. Начались эти работы

*) „Explanations and Sailing Directions to accompany the Wind and Current Charts“. 8 изданій, послѣднее 2 т. 1858—1859 г. Washington.

**) „Phisical Geography of the Sea and its Meteorology“, by Lieut. Maury. 9 изданій, послѣднее 1860 г.

изученіемъ Гольфстрима (еще въ 1846 г.), а потомъ онѣ расширились и охватили болѣе широкую полосу океана, особенно послѣ возникновенія «U. St. Fish Commission», работающей и до сихъ поръ. Другое ученое учрежденіе Соединенныхъ Штатовъ «Coast and Geodetic Survey» занялось съ 1872 г. обслѣдованіемъ Мексиканскаго зал. и Карибскаго м.

Всѣ эти работы привели англійскихъ ученыхъ къ сознанію необходимости снаряженія большой океанографической кругосвѣтной экспедиціи, которая бы выяснила рельефъ дна океановъ и обслѣдовала бы физическія, химическія и біологическія свойства и особенности океановъ на поверхности и на глубинахъ. Великобританское правительство, по представленію ученыхъ учрежденій страны, рѣшило снарядить такую экспедицію, для чего былъ назначенъ деревянный корветъ *Challenger* въ 2.306 тоннъ, съ машиной въ 1.234 силы; онъ былъ снаряженъ въ плаваніе подъ наблюденіемъ главнаго гидрографа флота и особой комиссіи; личный составъ офицеровъ былъ подобранъ соотвѣтственно назначенію, командиромъ назначенъ былъ Нэрсъ, а старшимъ офицеромъ Тизардъ. Кромѣ того, на судно была назначена еще комиссія изъ 6 спеціалистовъ подъ руководствомъ Уайвиль Томсона *). Было составлено подробное наставленіе для работъ, придуманы и построены приборы, на кораблѣ были устроены особыя лабораторіи, и онъ былъ снабженъ всѣмъ необходимымъ для научныхъ работъ. Корветъ вышелъ изъ Англіи въ Декабрѣ 1872 г., а возвратился туда въ Маѣ 1876 г. (см. карту II), за три съ половиною года онъ прошелъ 68.900 м. миль и имѣлъ 362 глубоководныя станціи, въ каждой изъ коихъ опредѣлены: глубина, грунтъ, образецъ придонной воды, ея температура; во многихъ случаяхъ: добыты драгою со дна грунтъ и животныя, изслѣдована фауна и флора на поверхности и на разныхъ глубинахъ, сдѣланы опредѣленія температуръ на разныхъ глубинахъ и добыты оттуда образцы воды. На каждой станціи опредѣлялось поверхностное теченіе и иногда теченія на глубинахъ, и велись ежечасныя метеорологическія наблюденія.

Труды *Challenger'a* составляютъ новую эпоху въ развитіи океанографіи и всѣхъ ея отраслей, какъ вслѣдствіе громадности охваченнаго пространства, такъ и по причинѣ новыхъ пріемовъ и способовъ изслѣдованія и примѣненія новыхъ приборовъ.

---

*) Wyville Thomson, J. Buchanan, H. Moseley, J. Murray, Willemoss-Suhm, J. Wild.

Во многихъ отношеніяхъ изслѣдованія *Challenger'a* принесли совершенно новыя свѣдѣнія, а собранные матеріалы оказались столь громадны, что для ихъ обработки понадобилось участіе 70 ученыхъ въ теченіе 20 лѣтъ. Изданіе результатовъ закончилось только къ 1895 г. и составило 50 томовъ in—4°; изъ нихъ общее описаніе и собственно океанографія занимаютъ 8 томовъ, ботаника—2 т. и зоологія—40 т. (29.482 стр. всего и 2.279 картъ, чертежей и рисунковъ). Очень важно, что планъ обработки былъ составленъ редакторомъ Дж. Мёрреемъ (впослѣдствіи баронетомъ) обдуманно, широко и охватилъ всѣ задачи океанографіи въ томъ размѣрѣ, въ какомъ онѣ тогда выяснились.

Обработка большей части матеріаловъ, особенно физическаго и химическаго характера, потребовала производства большого количества добавочныхъ изслѣдованій и опытовъ; одни изслѣдованія химическихъ и физическихъ свойствъ собранныхъ образцовъ воды потребовали не мало времени, а по количеству полныхъ химическихъ анализовъ (77) и до сихъ поръ не были превзойдены еще ни разу. Многія работы, помѣщенныя въ трудахъ *Challenger'a*, представляютъ обширнѣйшія обработки всего существующаго матеріала по данному вопросу, напримѣръ, циркуляція атмосферы, обработанная Бёкаромъ и содержащая такое собраніе ежемѣсячныхъ картъ распредѣленія давленія атмосферы, какого не было раньше и никѣмъ не издавалось вновь. Или, напримѣръ, статьи, представляющія введенія въ ботаническій и зоологическій отдѣлы.

Нѣкоторыя части представляютъ совершенно новыя теоретическія изслѣдованія разныхъ научныхъ вопросовъ, напримѣръ, трудъ проф. Тэта о физическихъ свойствахъ воды *), или о составѣ морской воды проф. Дитмара **), или наконецъ обширная и совершенно новая работа самого редактора Д. Мёррея и Ренара относительно образцовъ грунта дна, собранныхъ экспедиціей ***). Все это вмѣстѣ еще болѣе увеличиваетъ значеніе экспедиціи *Challenger'a* и дѣйствительно и до сихъ поръ сохраняетъ за нею и ея трудами значеніе настоящаго краеугольнаго камня океанографіи.

Challenger 21-го Дек. 1872 г. вышелъ изъ Портсмута (см. карту II) и отсюда прошелъ до Гибралтара, дѣлая пробныя станціи. Далѣе корветъ прослѣдовалъ на Мадеру и Тене-

*) „On some of phisical properties of fresh water and of sea water", by prof. P. Tait, 1889.

**) „Composition of ocean water", by prof. W. Dittmar, 1884.

***) „Deep Sea deposits", by J. Murray and prof. A. Renard, 1891.

рифъ, откуда курсъ былъ взятъ на о-въ Св. Ѳомы (Мал. Антильскіе). На этомъ пути впервые съ глубины 5.770 м. (3.150 м. с.) подняли неизвѣстный еще образецъ грунта шоколаднаго цвѣта, названный красною глиною, оказавшеюся характернымъ грунтомъ всѣхъ глубоководныхъ впадинъ. Отъ о-ва Св. Ѳомы, идя къ Бермудамъ, нашли громадную для того времени глубину 7.186 м. (3.875 м. с.) всего въ 150 м. миляхъ (278 кил.) отъ острова; измѣреніе продолжалось 2 ч. 40 м. Отъ Бермудъ корветъ ходилъ въ Галифаксъ; вернувшись обратно, пошелъ по параллели къ Азорскимъ о-мъ и Мадерѣ, и черезъ о-ва Зеленаго мыса на югъ вдоль Африки до 3° ю. ш., откуда повернулъ на западъ къ о-вамъ Св. Павла и Фернандо Норонья, между коими найдена была впервые на большой глубинѣ (4.616 м.) столь низкая температура, какъ 0°,2. Побывавъ въ Бразиліи, корветъ направился къ о-ву Тристанъ Д'Акунья и далѣе въ Кэптоунъ. Отсюда экспедиція прошла къ о-мъ Крозетъ и Кергеленъ, здѣсь повернула на югъ и доходила до полярнаго круга. Пройдя далѣе въ Мельбурнъ, корветъ прослѣдовалъ въ Сидней и затѣмъ сдѣлалъ рейсъ на востокъ въ проливъ Кука въ Новой Зеландіи, заходилъ въ г. Веллингтонъ и, выйдя оттуда въ океанъ, прошелъ вдоль восточной окраины о-въ Кермадекскихъ, Тонга, повернулъ на западъ и черезъ Торресовъ пр. и моря Банда, Целебесъ и Сулу прошелъ въ Манилу. На данномъ пути были обслѣдованы эти интересныя, замкнутыя моря съ особеннымъ распредѣленіемъ температуры на глубинахъ. Сходивъ въ Гонконгъ и обратно, корветъ вернулся къ сѣвернымъ берегамъ Новой Гвинеи, откуда прошелъ въ Іокогаму. По пути была найдена глубина 8.367 м. (4.575 м. с.), наибольшая за все плаваніе. Изъ Японіи корветъ пошелъ по параллели до меридіана Сандвичевыхъ о-въ, гдѣ былъ посѣщенъ вулканъ Килауи, только-что находившійся въ изверженіи. Изъ Гонолулу корветъ прошелъ на югъ къ о-мъ Таити и далѣе до параллели Вальпарайзо, гдѣ повернулъ на востокъ до этого порта. Изъ Вальпарайзо черезъ пр. Магеллана прошли на Фалкландскіе о-ва и Монтевидео, откуда сперва вышли на середину океана, а затѣмъ пошли по меридіану до экватора. На пересѣченіяхъ своего пути *Challenger* повторилъ наблюденія на всѣхъ глубинахъ, и оказалось, что температуры получились тѣ же. Отъ о-ва Вознесенія корветъ прошелъ къ о-мъ Зеленаго мыса и, обогнувъ Азорскіе о-ва съ запада, возвратился 24-го Мая 1876 г. въ Портсмутъ.

Плаваніе и работы *Challenger'a* принесли океанографіи еще и другую косвенную помощь; до него много морскихъ экспедицій уходило изъ Европы и Америки, но на океанографическія работы въ теченіе ихъ плаваній не обращалось достаточно вниманія. Послѣ же *Challenger'a* всѣ экспедиціи производили океанографическія изслѣдованія, обязательно входившія въ ихъ программу. Такимъ образомъ примѣръ *Challenger'a* сыгралъ громадную роль въ дѣлѣ обслѣдованія океановъ.

Черезъ годъ послѣ его отправленія была снаряжена германская экспедиція на *Gazelle* (1874—1876 г.), имѣвшая назначеніе отвезти астрономовъ на о-ва Кергеленъ для наблюденія прохожденія Венеры. Благодаря примѣру *Challenger'a*, эта экспедиція тоже произвела рядъ океанографическихъ наблюденій во время своего кругосвѣтнаго плаванія (см. карту II) и расположила свой путь такъ, чтобы онъ шелъ по инымъ мѣстамъ, нежели путь *Challenger'a*.

Въ то же время (1874 г.) работала американская экспедиція на

Tuscarora (см. карту II), имѣвшая техническую задачу произвести промѣры по дугѣ большого круга между С. Франциско и Японіей для прокладки кабеля. Она тоже произвела, кромѣ измѣреній глубинъ, еще и нѣкоторыя другія океанографическія наблюденія и отыскала вдоль окраинъ Алеутскихъ и Курильскихъ о-въ громадныя глубины, наибольшая до 8.490 м. (4.643 м. с.) *) въ 180 м.м. (333 к.) отъ о-ва Итуруна (Кур. о-въ). Въ этомъ и слѣдующемъ году (1875 г.) то же судно промѣрило линію С. Франциско, Гаван, Австралія.

Работы этихъ трехъ судовъ (*Chall., Gaz.* и *Tuscar.*) уже дали въ совокупности достаточный матеріалъ для составленія общей океанографической картины для всего Мірового ок.

По этому поводу интересно отмѣтить одну важную заслугу океанографіи передъ физической географіей вообще и морфологіей земной коры въ частности:

На днѣ океана не существуетъ расчлененія поверхности ни текучими водами, ни дѣйствіемъ вѣтра, ни вслѣдствіе перемѣнъ температуры; ложе океана только медленно и равномѣрно устилается все новыми и новыми слоями отложеній. Поэтому при изученіи рельефа океанической части земной коры вниманіе не отвлекается подробностями ея расчлененія, и главныя морфологическія особенности выдѣляются замѣтнѣе. Кромѣ того рельефъ ложа океана, охватывающаго 72% земной поверхности, уже по одному этому обстоятельству долженъ играть важную роль въ пониманіи причинъ, обусловливающихъ главнѣйшія повышенія и пониженія земной коры. Только послѣ выясненія океанографическими работами характера рельефа дна океана и стало возможнымъ появленіе болѣе обстоятельныхъ предположеній объ общихъ причинахъ, обусловливавшихъ образованіе главныхъ особенностей рельефа земной коры.

Въ частности только послѣ составленія картъ глубинъ Мірового океана стало понятнымъ и яснымъ, въ какихъ мѣстахъ его надо ожидать и искать наибольшихъ пониженій земной коры, которыя всѣ лежатъ у самой окраины материковаго склона. Этимъ обстоятельствомъ и объясняется, что *Challenger* въ 1874 г., проходя вдоль восточной окраины архипелаговъ острововъ Кермадекскихъ и Тонга, не нашелъ находящейся здѣсь области большихъ глубинъ (4.500—5.000 м. с. или 8.500—9.000 м.), потому что у него не было руководящей нити; онъ шелъ слишкомъ далеко къ востоку отъ линіи архипелаговъ. Эта замѣчательная глубоководная впадина была найдена англійскимъ судномъ *Penguin* въ 1889 г.

Затѣмъ въ послѣдніе годы большое количество такихъ же глубоководныхъ впадинъ, всегда вытянутыхъ вдоль окраины материковаго склона, были отысканы въ Индійскомъ и западномъ Тихомъ ок. германскими океанографическими экспедиціями, совершенно сознательно ихъ искавшими.

Вслѣдъ за ними, по примѣру *Challenger'a*, начались океанографическія изслѣдованія разныхъ націй, и до настоящаго времени число ихъ дошло до значительной цифры, если считать всѣ отдѣльныя кратко-

*) Первый телеграфный кабель поперекъ Тихаго ок. былъ проложенъ только въ 1902 г., потому что большія глубины океана не позволяли при имѣвшихся ранѣе техническихъ средствахъ проложить кабель, да и вообще изготовить таковой для такой глубины.

временныя плаванія и работы въ моряхъ; потому что послѣ *Challenger'a* не было ни одной научной морской экспедиціи, которая бы попутно не была, хотя отчасти, и океанографическою. Многія суда военнаго флота также попутно производили подобныя работы, а иногда имъ и прямо поручалось произвести глубоководныя изслѣдованія нѣкоторыхъ частей океановъ или морей.

Всѣ сѣверныя полярныя экспедиціи по пути дѣлали океанографическія изслѣдованія, изъ нихъ особенно выдѣляются труды *Fram'a,* на которомъ (1894—1896 г.) Ф. Нансенъ совершилъ свое знаменитое по научнымъ результатамъ первое плаваніе черезъ Сѣверное Полярное м., открылъ въ немъ глубокій бассейнъ и далъ яркую картину океанографическихъ условій этого моря въ своемъ большомъ трудѣ по этому вопросу.

Весьма интересны по своимъ результатамъ океанографическія работы антарктическихъ экспедицій, число которыхъ со времени возобновленія интереса къ южной полярной области въ концѣ XIX ст. дошло уже до 15; пути нѣкоторыхъ изъ нихъ, болѣе важныхъ по своимъ океанографическимъ результатамъ, нанесены на картѣ II (стр. *31*).

За истекшія 48 лѣтъ (съ 1868 г.) отъ начала изученія глубинъ океановъ, почти всѣ націи *) приняли участіе въ этихъ работахъ въ большей или меньшей степени, и число отдѣльныхъ экспедицій очень велико, почему и было невозможно на картѣ II показать пути всѣхъ судовъ, производившихъ подобныя работы; тамъ нанесены только плаванія экспедицій, или охватившихъ большія пространства океановъ или имѣющихъ особенное значеніе совокупностью своихъ работъ. Очевидно, что большая часть таковыхъ плаваній непремѣнно упоминалась и въ соотвѣтствующихъ мѣстахъ въ книгѣ, такимъ образомъ карта II служитъ имъ нѣкоторымъ дополненіемъ, такъ какъ на ней можно найти пути этихъ экспедицій. Перечислять ихъ всѣ здѣсь было бы и утомительно и неинтересно, далѣе сказано только о нѣкоторыхъ.

Среди океанографическихъ плаваній выдѣляются работы Fish Commission Соединенныхъ Штатовъ на *Albatros* въ Атлантическомъ и особенно въ Тихомъ ок. (см. карту II), сопровождавшіяся весьма обстоятельными разработками собранныхъ матеріаловъ и описаніемъ приборовъ и способовъ работъ. Плаванія судовъ комиссіи начались въ 1882 г.

*) Россія, Великобританія, Норвегія, Швеція, Данія, Германія, Австрія, Франція, Бельгія, Голландія, Италія, Соединенные Штаты, принцъ Альберъ Монакскій.

и продолжаются и донынѣ. Въ концѣ XIX ст. (1872—1880 г.) другое американское ученое учрежденіе Coast and Geodetic Survey произвело на суднѣ *Blake* полное обслѣдованіе Мексиканскаго зал. и Карибскаго м., при чемъ командиръ судна Сигсби усовершенствовалъ многіе приборы и главнымъ образомъ глубомѣръ Томсона настолько, что получилась технически новая машина, употребляемая и до сихъ поръ подъ именемъ глубомѣра Сигсби (см. фиг. 12, стр. 25). Въ 1883—1886 г. то же учрежденіе произвело обстоятельныя изслѣдованія Гольфстрима, начиная съ Карибскаго м., описанныя въ 1890 г. Въ 1883—1886 г. корветъ американскаго военнаго флота *Entreprise* совершилъ кругосвѣтное плаваніе и сдѣлалъ, между прочимъ, много океанографическихъ наблюденій, изъ коихъ особенно важны опредѣленія температуръ на глубинахъ вдоль экватора въ Индійскомъ ок.

Въ 80-хъ годахъ французское правительство снаряжало четыре года подъ рядъ спеціальныя океанографическія экспедиціи на судахъ *Talisman* и *Travailleur* (см. карту II), обслѣдовавшихъ Атлантическій ок. у береговъ Франціи, Португаліи и Испаніи и западную половину Средиземнаго м.

Итальянскій военный флотъ принялъ участіе въ изученіи океановъ плаваніемъ *Vettore Pisani* (1882—1885 г.), при чемъ командиръ его, извѣстный своими учеными трудами кап. 1 р. Маньяги, внесъ рядъ усовершенствованій въ приборы для измѣренія глубинъ и приспособленія для опредѣленія температуръ (фиг. 50, стр. 122, рама глубоководн. термом. системы Маньяги).

Съ 1885 г. начались океанографическіе труды принца Монакскаго Альбера, который одно за другимъ построилъ три судна: *Hirondelle* и два одного имени *Princesse Alice* (послѣднее въ 1.420 тонн), постепенно все бо̀льшія по размѣрамъ и удобнѣе устроенныя для работъ по океанографіи. Съ 1885 г. принцъ Альберъ почти ежегодно плавалъ въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. и Средиземномъ м., постепенно расширяя область своихъ изслѣдованій отъ экватора до Шпицбергена (на картѣ II назначенъ только одинъ путь *Hirondelle* при изслѣдованіи Гольфстрима помощью поплавковъ). Результаты океанографическихъ работъ принца Альбера, главнымъ образомъ зоогеографическіе, постоянно издаются имъ и уже образовали цѣлую библіотеку. Имъ и его сотрудниками придумано и построено много самыхъ разнообразныхъ приборовъ, вошедшихъ во всеобщее употребленіе. Наконецъ въ 1890 г. въ

Монако принцемъ Альберомъ былъ открытъ океанографическій Музей, на фронтонѣ котораго среди десяти именъ судовъ, извѣстныхъ своими работами по океанографіи, стоитъ и имя *Витязь*. Немного позже (1906 г.) въ Парижѣ принцъ Альберъ основалъ при Сорбоннѣ Океанографическій Институтъ, предназначенный для распространенія этихъ знаній. Кромѣ того, принцемъ Монакскимъ издана первая карта Мірового океана съ указаніемъ всѣхъ измѣренныхъ глубинъ въ масштабѣ 1 : 10.000.000; карта въ 1914 г. начала выходить вторымъ изданіемъ.

Въ 1886—1889 г. русскій корветъ *Витязь* подъ командою кап. 1 р. С. О. Макарова отправлялся въ кругосвѣтное плаваніе, которое не имѣло прямыхъ научныхъ цѣлей, но, вслѣдствіе почина командира корабля, уже и ранѣе интересовавшагося физико-географическими изслѣдованіями и произведшаго въ 1881 г. изученіе поверхностнаго и подводнаго теченій въ Босфорѣ *), на всемъ пути корвета производились опредѣленія поверхностныхъ: температуръ, удѣльнаго вѣса и теченій, и затѣмъ въ интересныхъ мѣстахъ и когда позволяла погода эти же наблюденія производились и на различныхъ глубинахъ до 800 м. Наблюденія на поверхности производились каждые 4 часа; на границахъ теченій, въ проливахъ и т. п. иногда и черезъ каждыя 10—5 мин. Число глубоководныхъ станцій доходитъ до 261, на каждой изъ нихъ произведены наблюденія на глубинахъ : 0, 25, 100, 200, 400 и часто 800 м.

Всѣ эти наблюденія были самымъ тщательнымъ образомъ обработаны, приборы изслѣдованы, и для выясненія нѣкоторыхъ вопросовъ, встрѣтившихся при обработкѣ, даже были произведены особыя изслѣдованія; напримѣръ, по вопросу о таблицахъ для приведенія удѣльныхъ вѣсовъ воды къ опредѣленной температурѣ. Всѣ обработанныя наблюденія напечатаны въ трудѣ «Витязь и Тихій океанъ», 1894 г.

Однако этимъ не исчерпываются заслуги С. О. Макарова. Онъ предпринялъ попутно еще не меньшій и очень полезный трудъ, а именно, онъ собралъ для сѣвернаго Тихаго ок. всѣ существовавшія въ то время наблюденія, для чего были использованы многія оставшіяся не изданными наблюденія русскихъ мореплавателей начала XIX ст., а также и всѣ наблюденія на иностранныхъ судахъ, и совмѣстно обработалъ ихъ. Результатъ такого обширнаго труда далъ автору возможность представить полную океанографическую картину сѣвернаго Тихаго ок., а нѣ-

*) „Объ обмѣнѣ водъ Чернаго и Средиземнаго морей“, С. О. Макаровъ, 1885 г.

которыя мѣста, какъ Лаперузовъ пр., Формозскій пр., Корейскій пр. и Японское м. были изслѣдованы особенно подробно. Въ Японскомъ м. замѣчательно ясно сказалось вліяніе уклоняющей силы отъ вращенія земли; Куро-Сиво, вступающій въ море черезъ Корейскій пр., все время и на поверхности и на глубинахъ остается прижатымъ къ берегу Японіи. Особенно интересна карта распредѣленія температуръ на 400 м. глубины, построенная С. О. Макаровымъ впервые; она очень ясно показала существованіе болѣе теплой области въ 20°—30° ш. и болѣе холодной въ экваторіальной полосѣ (см. стр. 160—164).

Какъ и при всякой обстоятельной работѣ, такъ и въ трудѣ «Витязь и Тихій ок.» намѣчено много различныхъ вопросовъ и задачъ и много попутно сдѣлано полезныхъ замѣчаній и наставленій. Трудъ этотъ, изданный на двухъ языкахъ, получилъ широкое распространеніе и занялъ почтенное мѣсто въ океанографической наукѣ, являясь примѣромъ такихъ работъ не только для насъ, но и для всѣхъ вообще.

Говоря о плаваніи *Витязя*, работавшаго въ русскихъ водахъ на дальнемъ востокѣ, слѣдуетъ упомянуть о большомъ количествѣ работъ по океанографіи (температуры, удѣльные вѣса, теченія), сдѣланныхъ въ теченіе 25-лѣтнихъ ежегодныхъ плаваній генераломъ М. Е. Жданко во время пребыванія его начальникомъ гидрографической экспедиціи Тихаго океана въ Японскомъ м., Татарскомъ пр., Охотскомъ и отчасти Беринговомъ моряхъ.

Въ 1889 г. въ Атлантическомъ ок. трудилась германская экспедиція на *National* (см. карту II), обслѣдовавшая сѣверную половину океана особенно со стороны изученія планктона. Біологическими работами завѣдывалъ Гензенъ, а океанографическими Крюммель.

Въ 1890—1898 г. австрійская экспедиція на военномъ суднѣ *Pola* изучала восточную часть Средиземнаго м. и Красное м.; описаніе работъ было издано во многихъ томахъ. Адріатическое м. кромѣ того давно уже изучается систематически особою комиссіей при Академіи Наукъ въ Вѣнѣ, а также и итальянскими учеными.

Въ Балтійскомъ и Нѣмецкомъ м. очень давно были начаты океанографическія работы нѣмецкими (съ 1869 г.) и шведскими учеными. Послѣдніе начали свои работы еще въ 1877 г., правильныя же обслѣдованія Нѣмецкаго м. начались въ 1890 г. подъ руководствомъ Г. Экмана и О. Петтерсона, и къ нимъ присоединились (1893—1894 г.) работы шотландской рыболовной комиссіи подъ руководствомъ Диксона.

Департаментомъ Земледѣлія Главн. управленія Землед. и Землеустройства въ 1897 г. была снаряжена экспедиція подъ руководствомъ І. Б. Шпиндлера для изученія Карабугазскаго зал., результаты ея работъ были изданы въ 1902 г.

Тотъ же Департаментъ въ 1904 г. предпринялъ изслѣдованіе Каспійскаго м. подъ общимъ руководствомъ Н. М. Книповича при содѣйствіи Морского вѣдомства. Полученные результаты были опубликованы въ трехъ томахъ (1907—1913 г.). Послѣдующія изслѣдованія еще не были изданы.

Въ 1908 г. имъ же при содѣйствіи Морского Министерства и подвѣдомственнаго ему Главнаго Гидрографическаго Управленія было устроено обслѣдованіе части Балтійскаго м., прилегающей къ берегамъ Россіи, по программѣ международныхъ работъ «Совѣта по изученію морей». Результаты работъ были изданы Департаментомъ въ 1910 г.

Норвежцы занялись изученіемъ Сѣверно-Европейскаго м. сейчасъ же послѣ возвращенія *Challenger'a*, для чего подъ руководствомъ Мона они снарядили экспедицію на *Voringen* (1876—1878 г.), работавшую приборами и пріемами *Challenger'a*. Экспедиція охватила все пространство между Исландіей, Шпицбергеномъ и Норвегіей (см. карту II). Обработка собранныхъ матеріаловъ, сдѣланная подъ руководствомъ Мона, была замѣчательно обстоятельная, и въ ней впервые были затронуты и разработаны вопросы о возникновеніи теченій подъ вліяніемъ разностей плотностей и вѣтровъ. Этотъ починъ въ дѣлѣ изученія теченій послужилъ впослѣдствіи основаніемъ для дальнѣйшихъ приложеній законовъ гидродинамики къ движенію воды въ океанахъ и моряхъ. При обработкѣ результатовъ этой экспедиціи было также предпринято очень обстоятельное изслѣдованіе состава морской воды (Торнё и Шмелькъ) *).

Одновременно (1879 г.) голландцы послали экспедицію на суднѣ *Willems Barentz*, которая обслѣдовала впервые съ океанографической точки зрѣнія пространство моря между Шпицбергеномъ, Новою Землею и Европою (см. карту II).

Датчане также не оставили своихъ водъ безъ изученія и, кромѣ прилегающихъ къ метрополіи частей Балтійскаго м., занялись изученіемъ сѣверной части Атлантическаго ок. и снарядили экспедицію на *Ingolf* (1895—1896 г.), работавшую въ водахъ около Исландіи и Гренландіи (см. карту II), результаты ея изданы Датскимъ правительствомъ.

*) „The Norwegian North-Atlantic Expedition. 1876—1878".

Сѣверпѣе Исландіи, въ области Восточно-Гренландскаго теченія въ послѣднее время работала экспедиція принца Генриха Орлеанскаго на *Belgica* (1905 г.), собравшая много океанографическихъ свѣдѣній въ этой мало изученной части океана (см. карту II). Въ слѣдующемъ году та же *Belgica* трудилась въ Карскомъ м., но съ меньшимъ успѣхомъ.

Въ области Сѣверно-Европейскаго м. работало много судовъ, изъ нихъ много данныхъ было собрано на *Gjoa* (1901 г.), суднѣ Р. Амундсена, который передъ своимъ плаваніемъ для открытія сѣверо-западнаго прохода цѣлое лѣто плавалъ между Шпицбергеномъ и сѣверной Норвегіей, собранные матеріалы были обработаны Нансеномъ (см. карту II).

Въ области русской части Сѣвернаго Полярнаго м. между Мурманомъ, Шпицбергеномъ и Новою Землею въ теченіе восьми лѣтъ (1898—1906 г.) трудилась русская научно-промысловая экспедиція на суднѣ *Андрей Первозванный* (см. карту II), сперва подъ руководствомъ Н. М. Книповича, а потомъ Л. Л. Брейтфуса. За 8 лѣтъ экспедиціей были собраны богатые матеріалы, уже обработанные и почти всѣ изданные, по крайней мѣрѣ по отношенію къ океанографическимъ изслѣдованіямъ.

Въ этой же области въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ работалъ тогда лейтенантъ М. Е. Жданко, собравшій въ плаваніи на разныхъ судахъ много данныхъ по температурѣ и удѣльному вѣсу морской воды.

У сѣвернаго побережья Сибири, кромѣ *Vega* Нордешпльда (1878—1879 г.) и *Fram* Нансена (1896 г.), проходившихъ вдоль береговъ, въ теченіе 10 лѣтъ работала (1894—1904 г.) Гидрографическая экспедиція сѣвернаго Ледовитаго ок. подъ начальствомъ А. И. Вилькицкаго, а потомъ Ф. К. Дриженко и А. И. Варнека, собравшая большой океанографическій матеріалъ для пространства между Бѣлымъ м. и Енисеемъ.

Въ 1901—1902 г. тутъ же проходило судно русской полярной экспедиціи *Полярная Заря* подъ руководствомъ барона Э. Толя, на которомъ лейтенантъ А. В. Колчакъ собралъ большой океанографическій матеріалъ, отчасти уже и изданный Академіей Наукъ.

Наконецъ въ послѣдніе годы между Беринговымъ пр. и Таймыромъ трудилась вторая гидрографическая экспедиція сѣвернаго Ледовитаго ок. на судахъ *Таймыръ* и *Вайгачъ*, сперва подъ общимъ руководствомъ генерала Сергѣева, а потомъ въ 1913—1915 г. подъ начальствомъ кап. 2 р. Б. А. Вилькицкаго, командовавшаго *Таймыромъ*, и кап. 2 р. Новопашеннаго, командовавшаго *Вайгачомъ* (см. карту II). Этими

судами собрано много океанографическихъ матеріаловъ, такъ же, какъ и на суднѣ *Эклипсъ* подъ командою Свердрупа, посланнаго навстрѣчу двумъ вышеуказаннымъ судамъ.

Голландцы также выступили на путь океанографическихъ работъ и изслѣдовали свои воды въ Зондскомъ архипелагѣ на *Siboga* (1899—1900 г.), результаты были ими изданы въ рядѣ томовъ.

Въ 1899 г. по почину вице-адмирала С. О. Макарова былъ построенъ Россіей ледоколъ *Ермакъ*, сильнѣйшій изъ всѣхъ существующихъ и донынѣ (10.000 силъ машина и 6.000 тоннъ водоизмѣщеніе). Для пробы его, между прочимъ, было рѣшено отправить судно въ плаваніе къ западу отъ Шпицбергена до встрѣчи съ полярными льдами и испытать его работу среди нихъ. С. О. Макаровъ воспользовался такимъ случаемъ и по пути къ сѣверу и обратно произвелъ интересныя океанографическія работы (см. карту II), изданныя въ особомъ трудѣ *).

Здѣсь не приводятся указанія на многочисленные промѣры, сдѣланные судами телеграфныхъ обществъ передъ прокладкою кабелей. Этими судами промѣряно большое число полосъ шириною въ 10 м.м. въ океанѣ и получены оттуда образцы грунта дна **). Иногда ими попутно измѣряются и придонныя и поверхностныя температуры, другихъ же изслѣдованій не производится за недостаткомъ времени. Тѣмъ не менѣе и эти изслѣдованія оказали большую поддержку изученію рельефа и придонныхъ температуръ. Нѣкоторымъ изъ судовъ телеграфныхъ обществъ посчастливилось найти выдающіяся глубины. О таковыхъ находкахъ *Tuscarora* сказано было выше; другое судно *Relay* (см. карту II) при промѣрѣ у береговъ Чили и Перу нашло глубину въ 7.640 м. (4.178 м. с.); телеграфный американскій пароходъ *Nero* въ 1899 г. нашелъ около о-ва Гуамъ (южн. Маріанск. о-ва) глубину въ 9.640 м. (5.270 м. с.) вторую по величинѣ.

Англійскія гидрографическія суда тоже сдѣлали не мало для изученія океановъ, изъ нихъ *Penguin* (см. карту II) въ 1895 г. нашелъ наибольшую глубину южнаго Тихаго ок. у о-ва Тонга 9.430 м. (5.155 м. с.).

Въ 1890—1891 г., по ходатайству Императорскаго Русскаго Геогра-

*) „*Ермакъ* во льдахъ“, С. О. Макаровъ, 1901 г.

**) Для прокладки кабеля промѣряется въ шахматномъ порядкѣ полоса въ 10 м.м., чтобы получить понятіе о характерѣ рельефа на протяженіи нѣкотораго пояса, а не по одной только линіи, попасть на которую точно при укладкѣ кабеля было бы невозможно.

фическаго Общества и Съѣзда Естествоиспытателей, Морскимъ вѣдомствомъ была снаряжена экспедиція на канонеркахъ *Черноморецъ* и *Донецъ* для изученія океанографическихъ условій Чернаго м., оказавшихся совершенно особенными и единственными въ своемъ родѣ. Океанографическими работами завѣдывали морскіе офицеры І. Б. Шпиндлеръ и баронъ Врангель въ 1890 г., а въ 1891 только первый изъ нихъ. Результаты были изданы Морскимъ вѣдомствомъ *).

Гидрологическія условія Босфора были изучены кап. 1 р. С. О. Макаровымъ въ 1881—1882 г.

По ходатайству того же Императорскаго Русскаго Географическаго Общества въ 1894 г. Морское вѣдомство отпустило приборы и дало средства для изученія Мраморнаго м., которое и было изслѣдовано подъ руководствомъ полк. І. Б. Шпиндлера. Результаты были изданы Географическимъ Обществомъ **).

Здѣсь умѣстно указать, что Главнымъ Гидрографическимъ Управленіемъ Морского Министерства, кромѣ чисто-гидрографическихъ работъ по берегамъ русскихъ морей, попутно сдѣлано много и для изученія нѣкоторыхъ океанографическихъ элементовъ ихъ, какъ-то: колебаній уровня морей, температуры и удѣльнаго вѣса воды въ прибрежныхъ водахъ. Свѣдѣнія по этимъ даннымъ ежегодно издаются Управленіемъ въ «Сборникѣ гидро-метеорологическихъ наблюденій», коихъ вышло съ 1898 г. по 1917 г. 24 тома. Кромѣ того за послѣднія 10 лѣтъ Управленіемъ сдѣлано очень много для изученія приливовъ на побережьѣ Сѣвернаго Ледовитаго моря, въ Бѣломъ м. и по берегамъ Японскаго и Охотскаго морей, и съ 1909 г. издаются особые «Ежегодники приливовъ», содержащіе предсказанія приливовъ на слѣдующій годъ для многихъ мѣстъ.

Въ 1898—1899 г. Германія снарядила большую океанографическую экспедицію на *Valdivia* (см. карту II), посѣтившую Атлантическій и Индійскій ок. Океанографическіе результаты были обработаны Шоттомъ, который не только воспользовался данными 274 глубоководныхъ станцій *Valdivia*, но собралъ и переработалъ весь имѣвшійся для этихъ

*) Матеріалы по гидрологіи Чернаго и Азовскаго морей, собранные въ экспедиціяхъ 1890—1891 г. Обработаны І. Б. Шпиндлеромъ и барономъ Ф. Ф. Врангелемъ С.-Петербургъ, 1899 г.

**) Матеріалы по гидрологіи Мраморнаго м., собранные въ экспедиціи 1894 г. на турецкомъ пароходѣ *Селяникъ*. І. Шпиндлеръ.

океановъ матеріалъ и, издавъ эту сводную обработку, далъ очень обстоятельную картину состоянія океанографическихъ свѣдѣній по этимъ двумъ океанамъ къ началу XX ст.

Въ 1906—1907 г. германское гидрографическое судно *Planet* (см. карту II), отправляясь въ Тихій ок., произвело по пути рядъ очень обстоятельныхъ и цѣнныхъ океанографическихъ работъ. Экспедиція обогнула м. Доброй Надежды, спускалась на югъ до 50° ю. ш., прошла вдоль Мадагаскара въ Коломбо, а оттуда по западному берегу Суматры и Явы; тутъ она открыла наибольшую глубину Индійскаго ок. 7.000 м. (3.828 м. с.) и затѣмъ вышла въ Тихій ок. Труды экспедиціи, обстоятельно обработанные, были изданы въ 1910 г.

О трудахъ по океанографіи антарктическихъ экспедицій было уже сказано выше, а пути большей части ихъ *(Belgica, Gauss, Discovery, Scotia, Pourquoi-Pas, Deutschland)* показаны на картѣ II.

Въ 1905—1906 г. и 1908—1910 г. вдоль западныхъ береговъ Европы и въ Средиземномъ и Мраморномъ моряхъ работала датская экспедиція на суднѣ *Thor;* особенно большое вниманіе было удѣлено Средиземному м., которое было посѣщено дважды, зимою 1908 г. и лѣтомъ 1910 г., что̀ дало возможность составить полную картину океанографическихъ условій этого моря въ теченіе круглаго года. Экспедиція получила много новыхъ и интересныхъ въ теоретическомъ смыслѣ результатовъ.

Въ самые послѣдніе годы (1910 г.) въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. работала экспедиція на *Michael Sars* подъ руководствомъ сэра Дж. Мёррея, бывшаго начальника «Challenger Office» въ Эдинбургѣ, продолжавшаго содержать его на свой счетъ и послѣ окончанія имъ работы по обработкѣ матеріаловъ *Challenger'a.* Въ этомъ учрежденіи было сосредоточено наибольшее количество образцовъ грунта, нежели гдѣ бы то ни было. Плаваніе *Michael Sars'a* принесло очень много матеріала, и совершенно новаго, по океанографіи, о чемъ въ разныхъ мѣстахъ этого труда было неоднократно указано.

Матеріалы по глубинамъ, придоннымъ температурамъ и образцамъ грунта давно собираются и издаются Великобританскимъ адмиралтействомъ ежегодно съ 1888 г. подъ именемъ «List of Oceanic depths and serial temperatures». Кромѣ того, имъ же изданы три карты океановъ, постоянно дополняемыя, гдѣ нанесены всѣ измѣренныя глубины. Такія же карты были изданы и французскимъ гидрографическимъ управленіемъ.

Въ 1899 г. на международномъ географическимъ конгрессѣ въ Берлинѣ были доложены пожеланія спеціальной конференціи, состоявшейся въ томъ же году въ Стокгольмѣ, по вопросу о созданіи Международной Комиссіи по изученію моря. Поддержанное конгрессомъ, это предложеніе было осуществлено въ 1902 г., къ нему примкнули слѣдующія государства: Бельгія, Великобританія, Германія, Данія, Нидерланды, Норвегія, Россія, Швеція и Соединенные Штаты. Каждое изъ нихъ вноситъ ежегодно опредѣленную сумму на общіе расходы, изъ которой содержится центральное управленіе «Международнаго Совѣта по изученію моря», имѣющее пребываніе въ Копенгагенѣ, и оплачиваются расходы по производству различныхъ изслѣдованій, испытанію и изученію приборовъ, снабженію ими экспедицій и печатаніе наблюденій, а также и различныхъ трудовъ по океанографіи и морской біологіи *). За десять лѣтъ своего существованія «Международный Совѣтъ по изученію моря» сдѣлалъ очень много для движенія впередъ океанографической науки вообще; хотя главная цѣль была біологическая и практическая — изученіе морскихъ промысловъ на предметъ охраны естественныхъ богатствъ моря отъ хищническаго истребленія и установленіе правильнаго хозяйства. Но такъ какъ біологическія условія находятся въ полной зависимости отъ среды, въ которой существуютъ животныя, составляющія добычу морскихъ промысловъ, то изученіе послѣднихъ невозможно безъ параллельнаго океанографическаго изслѣдованія водъ, гдѣ обитаютъ эти морскія животныя. Поэтому-то съ самаго начала работъ Совѣта его труды были раздѣлены на два отдѣла: біологическій и океанографическій. Въ обѣихъ отрасляхъ трудовъ было сдѣлано очень много для улучшенія способовъ изслѣдованія и приборовъ для нихъ; произведено новое изслѣдованіе удѣльнаго вѣса, содержанія хлора и солей въ морской водѣ. Эта работа **) была предпринята на международныя средства и выполнена подъ ближайшимъ руководствомъ М. Кнудсена и по проекту особой международной комиссіи при участіи адмирала С. О. Макарова. Для этой работы образцы воды были собраны въ количествѣ 33 изъ разныхъ морей и океановъ, изъ Балтійскаго, Нѣмецкаго,

*) Общій годовой бюджетъ Совѣта—167.460 датск. кронъ, изъ нихъ 4 государства, въ томъ числѣ и Россія, вносятъ ежегодно по 22.225 датск. кронъ, остальныя меньше.

**) „Berichte über die Konstantenbestimmungen zur Aufstellung der hydrographischen Tabellen“ von C. Forch, M. Knudsen, S. Sörensen gesammelt von M. Knudsen, Kopenhagen, 1902.

Атлантическаго, Средиземнаго, Краснаго, Индійскаго и Сѣверно-Полярнаго м. На основаніи полученныхъ постоянныхъ величинъ были вычислены Международныя океанографическія таблицы, составленныя подъ руководствомъ М. Кнудсена *) и служащія для полученія солености морской воды по ея удѣльному вѣсу или по количеству хлора, въ ней содержащагося (см. стр. 86). Эти таблицы значительно увеличили точность опредѣленія солености.

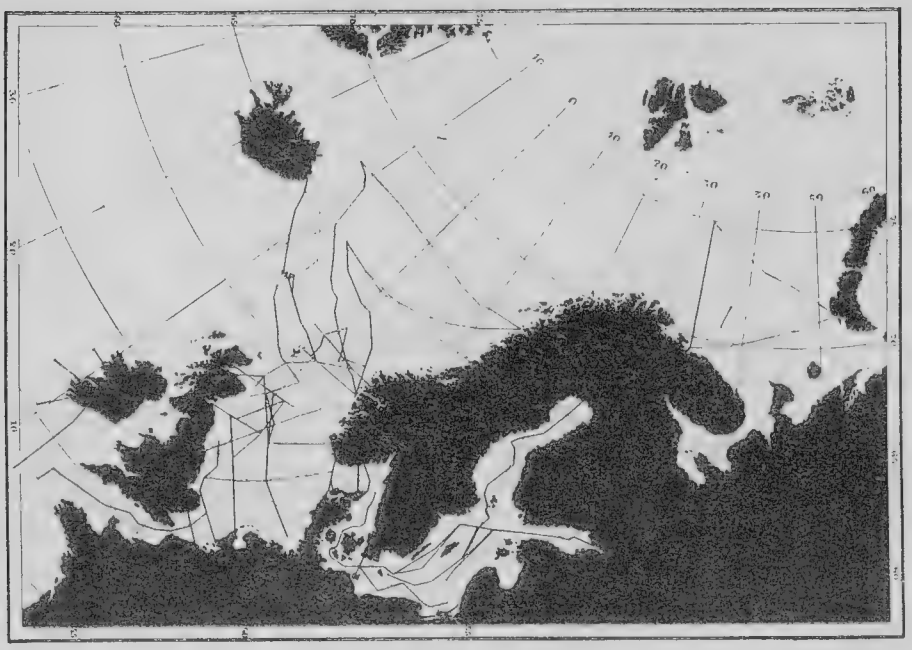
Кромѣ того «Совѣтъ по изученію моря» очень много сдѣлалъ для установленія единообразія въ пріемахъ изслѣдованій и ихъ точности; были утверждены глубины, на которыхъ должны опредѣляться всѣ океанографическіе элементы, на каждой глубоководной станціи, а именно: 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400 метровъ и далѣе до дна черезъ каждые 200 м.

Затѣмъ «Совѣтъ по изученію моря» установилъ рядъ линій въ моряхъ, прилегающихъ къ сѣверо-западной Европѣ, какъ это видно на при-

*) „Hydrographical Tables“ edited by M. Knudsen. The experimental investigations and the calculations have been undertaken according to the proposals and under the direction of an international commitee consisting of H. Dickson, M. Knudsen, O. Krümmel, S. Makaroff, sir J. Murray, F. Nansen and O. Pettersson. 1901.

Датчане и вообще многіе члены „Совѣта изученія моря“, будучи химиками или біологами ранѣе, чѣмъ они занялись океанографическими работами, не были достаточно знакомы съ геодезическими и морскими выраженіями и потому называли и продолжаютъ называть въ своихъ трудахъ работы океанографическія или гидрологическія — гидрографическими. Тогда какъ послѣднее слово имѣетъ уже въ теченіе столѣтій совершенно опредѣленное значеніе въ примѣненіи его къ морю, а именно оно означаетъ совокупность работъ, необходимыхъ для безопасности мореплаванія; конечно, въ нихъ входятъ и океанографическія данныя, но только частью, главная же, основная часть гидрографическихъ работъ есть геодезическая, отличающаяся отъ геодезическихъ работъ на сушѣ только тѣмъ, что часть дѣйствій производится на водѣ, и изучается главнымъ образомъ подводный рельефъ, грунтъ дна, теченія, приливы и вообще колебанія уровня.

Справедливость этого замѣчанія безусловно признается многими учеными, что было ими подтверждено особыми письмами по этому вопросу къ автору настоящаго труда, напр., такими спеціалистами-океанографами, какъ сэръ Дж. Мёррей, принцъ Альберъ Монакскій, Фр. Нансенъ, Г. Р. Милль, д-ръ М. Шарко, д-ръ Брюсъ, и было признано географическими Обществами: Королевскими Лондонскимъ и Эдинбургскимъ и начальниками Гидрографическихъ управленій въ Англіи адмираломъ Purey-Custe и во Франціи J. Renaud. Этотъ вопросъ о неправильности названія работъ гидрологическихъ или океанографическихъ — гидрографическими былъ поднятъ авторомъ на послѣднемъ международномъ Географическомъ Конгрессѣ въ Римѣ въ 1913 г., и Конгрессъ присоединился къ предложенію называть гидрографическими только работы, служащія для безопасности мореплаванія, а для обозначенія трудовъ по изслѣдованію океановъ признать уже давно вошедшее въ употребленіе названіе—океанографическія.



Фиг. VI. Гидрологическія линіи международныхъ изслѣдованій.

лагаемой картѣ (фиг. VI). Работы вдоль этихъ линій были распредѣлены между всѣми участвующими государствами, между прочимъ, на долю Россіи выпала восточная и сѣверная части Балтійскаго м. и часть Полярнаго м. между Мурманомъ и Новою Землею. По этимъ линіямъ, въ опредѣленныхъ точкахъ, четыре раза въ годъ (Февраль, Май, Августъ, Ноябрь), на указанныхъ выше глубинахъ одинаковыми приборами, съ одинаковою точностью производятся наблюденія въ теченіе болѣе 10 лѣтъ. Конечно, случалось, что не всѣ линіи повторялись для всѣхъ сроковъ всѣхъ годовъ, но большая часть предположенныхъ наблюденій выполняется. Два раза за эти 10 лѣтъ съ нѣсколькихъ судовъ, стоявшихъ на якорѣ по 14 дней подъ рядъ, также производились всѣ вышеуказанныя наблюденія. Къ послѣднимъ въ недавнее время присоединены еще тщательныя измѣренія скоростей и направленій теченій на поверхности и глубинахъ съ судовъ, становящихся для того на якорь, гдѣ это возможно. Кромѣ того, на пловучихъ маякахъ стали производить мѣстами такія же опредѣленія.

Всѣ собранные матеріалы сейчасъ же обрабатываются и черезъ

полгода, много черезъ годъ, уже бываютъ изданы въ сопровожденіи разрѣзовъ и картъ *), и время отъ времени издаются статьи съ обзорами по отдѣльнымъ отраслямъ изслѣдованій за рядъ лѣтъ.

Значеніе работъ «Совѣта по изученію моря» однако этимъ не исчерпывается. Благодаря его трудамъ и результатамъ ежегодныхъ изслѣдованій, употребляемые имъ инструменты и способы вошли во всеобщее употребленіе, и тѣмъ самымъ работы другихъ экспедицій, трудившихся въ различныхъ мѣстахъ океана, стали несравненно болѣе цѣнными, такъ какъ сравнимость и точность ихъ очень повысились.

Кромѣ того, наблюденія вдоль тѣхъ линій, на тѣхъ же мѣстахъ и глубинахъ, повторяемыя 4 раза въ годъ, впервые выяснили существованіе замѣтныхъ колебаній океанографическихъ элементовъ, какъ по временамъ года, такъ и изъ года въ годъ и тѣмъ самымъ показали, что гидрологическіе разрѣзы, основанные не на одновременныхъ наблюденіяхъ, есть только первое приближеніе къ истинѣ.

Наконецъ самое существованіе постояннаго океанографическаго центра послужило причиною движенія впередъ какъ пріемовъ и способовъ изслѣдованія, такъ и приборовъ; тогда какъ раньше это предоставлено было усиліямъ отдѣльныхъ лицъ или время отъ времени случавшихся экспедицій. Въ этомъ отношеніи необходимо отмѣтить труды слѣдующихъ ученыхъ членовъ или участниковъ въ трудахъ «Совѣта»: Ф. Нансена, В. Экмана, М. Кнудсена, О. Петтерсона, Геландъ-Гансена, Іорта, Сандштрема и др., которые много сдѣлали для усовершенствованія современной океанографіи.

Для того, чтобы по возможности дать представленіе о современномъ состояніи океанографическихъ свѣдѣній и степени изслѣдованности океановъ и ихъ побережій, здѣсь на двухъ картахъ (фиг. VII—VIII) въ равноплощадной проекціи представлены: состояніе гидрографическихъ изслѣдованій береговъ и прибрежныхъ частей моря, имѣющихъ значеніе для безопасности мореплаванія у береговъ, и степень обслѣдованности рельефа дна въ открытыхъ водахъ морей и океановъ.

*) „Conseil permanent international pour l'exploration de la mer. Bulletin hydrographique и Bulletin planktonique. Copenhagen“, изданіе ежегодное. Кромѣ того, появляются ежегодно отчеты о работахъ вообще и объ ежегодныхъ засѣданіяхъ, и затѣмъ черезъ неопредѣленные промежутки „Publications de circonstances“, заключающія всевозможные труды по физической и біологической океанографіи; этихъ послѣднихъ появилось уже 69 нумеровъ.

Фиг. VII—VIII. Степень обслѣдованности

На картахъ (фиг. VII—VIII) вмѣстѣ съ тѣмъ показана и степень обслѣдованности рельефа суши, которая весьма близко выражается имѣющимися для каждой мѣстности картами. Если существующія для какой-либо области карты имѣютъ масштабъ въ 1:200.000 и крупнѣе, то на нихъ есть и выраженіе рельефа мѣстности изогипсами, потому что такія карты основаны на точныхъ современныхъ топографическихъ съемкахъ. Если для разсматриваемаго пространства имѣются карты только болѣе крупныхъ масштабовъ, отъ 1:200.000 до 1:1.000.000, то такія мѣстности, очевидно, никогда еще не были сняты сплошною топографическою съемкою, а имѣютъ только полуинструментальныя съемки,

рельефа: дна океановъ и поверхности суши.

Мѣстности же, для коихъ существуютъ карты, только еще болѣе крупныхъ масштабовъ, болѣе 1 : 1.000.000, не имѣютъ и полуинструментальныхъ съемокъ, а покрыты линіями путевыхъ съемокъ, промежутки между коими заполнены по разнымъ матеріаламъ и разспроснымъ свѣдѣніямъ. На картахъ VII—VIII видно, какая еще большая площадь суши столь мало изслѣдована топографически; а такъ какъ всякое естественно-историческое или физико-географическое изслѣдованіе и использованіе даннаго пространства не могутъ быть производимы безъ подробныхъ картъ крупнаго масштаба, то ясно видно, какая еще огромная географическая работа предстоитъ людямъ въ будущемъ, прежде нежели возможно будетъ

только приступить къ использованію естественныхъ богатствъ земной поверхности, не говоря уже о крайней необходимости картъ крупнаго масштаба для всѣхъ рѣшительно экономическихъ надобностей населенія.

Степень изслѣдованности рельефа дна одновременно указываетъ и на степень обслѣдованности характера грунта дна и почти въ одинаковой мѣрѣ о суммѣ извѣстныхъ до настоящаго времени температуръ придоннаго слоя воды.

Конечно, въ большей части мѣстъ, для которыхъ извѣстны вышеуказанныя данныя, не было произведено никакихъ другихъ изслѣдованій на промежуточныхъ глубинахъ. Такимъ образомъ картина степени изслѣдованности рельефа до нѣкоторой степени показываетъ, насколько еще мало изучены и другія океанографическіе элементы. Если сравнить карты VII—VIII съ картою II, гдѣ нанесена большая часть путей главныхъ океанографическихъ экспедицій, то на послѣдней картѣ кажется, что нѣкоторыя части океановъ будто бы изборождены изслѣдованіями. Но это только такъ кажется, вслѣдствіе малаго масштаба карты II, а затѣмъ слѣдуетъ помнить, что пути экспедицій, нанесенные на картѣ, относятся къ разному времени, нерѣдко раздѣленному десятками лѣтъ, а слѣдовательно наблюденія были сдѣланы разными пріемами и съ различною точностью.

Для того, чтобы составить общую картину распредѣленія океанографическихъ элементовъ, всѣ эти наблюденія, хотя бы и не одновременныя и не одинаково точныя, были совершенно пригодны. Малая измѣнчивость океанографическихъ элементовъ на глубинахъ по времени и очень постепенное измѣненіе ихъ съ перемѣною мѣста и глубины позволяютъ и облегчаютъ при маломъ числѣ данныхъ, разновременныхъ и еще не одинаково точныхъ, получить общее представленіе объ ихъ распредѣленіи и сочетаніи на глубинахъ океановъ.

Когда же, при послѣдующемъ развитіи океанографіи, мы пожелаемъ перейти отъ общихъ представленій къ пониманію и изученію подробностей въ распредѣленіи тѣхъ же элементовъ, ихъ колебаніямъ по временамъ года и изъ года въ годъ, и выясненію законовъ, управляющихъ движеніями океаническихъ водъ, то то же самое обстоятельство—малая величина перемѣнъ элементовъ во времени и въ пространствѣ, вмѣсто облегченія задачи, затрудняетъ ее и даже очень значительно. Наблюдать маленькія величины труднѣе крупныхъ, онѣ требуютъ большей точности приборовъ и пріемовъ, частой повторяемости наблюденій и ихъ одновременности въ разныхъ мѣстахъ. Все указанное влечетъ за собою

уменьшеніе значенія наблюденій начала океанографическихъ изслѣдованій; они остаются необходимыми, они нужны для сравненій и общихъ представленій, но недостаточны для новыхъ требованій океанографіи, которая, какъ и всякая наука, въ началѣ своемъ развивается очень быстро. Геропческій періодъ исторіи океанографіи уже проходитъ и наступаетъ время правильныхъ работъ. Однако и теперь и въ будущемъ отдѣльные труды и наблюденія всегда могутъ принести много пользы, если только они съ толкомъ и въ порядкѣ описаны и записаны, произведены съ интересомъ и любовью къ изученію природы, согласно современнымъ требованіямъ и пріемамъ, новѣйшими приборами съ соотвѣтствующими повѣрками ихъ и, главное—съ должнымъ тщаніемъ.

Ю. Шокальскій.

„Пропуски въ наблюденіяхъ не составляютъ важнаго недостатка, но непростительно заполнять пустыя мѣста воображаемыми величинами. Въ одномъ (судовомъ) журналѣ я встрѣтилъ запись, замѣчательную по своей поучительности и принадлежащую давно уже, къ сожалѣнію, вышедшему въ отставку штурманскому офицеру Т. Т. Будрину, который отмѣтилъ: *„пишемъ, что наблюдаемъ, а чего не наблюдаемъ, того не пишемъ“*.

Витязь“ и Тихій океанъ“, § 298, стр. 320.

С. О. Макаровъ.

Предметъ океанографіи.

Изученіе и изслѣдованіе всей совокупности явленій, происходящихъ въ океанахъ, моряхъ и озерахъ, составляетъ предметъ океанографіи; однако очень часто явленія, наблюдаемыя въ озерахъ, выдѣляютъ въ особую отрасль океанографіи, называемую лимнологіей. Въ настоящемъ курсѣ разбираются только явленія, наблюдаемыя въ океанахъ и моряхъ, объ озерахъ же упоминается только въ нѣкоторыхъ случаяхъ попутно.

Водная оболочка земного шара, обнимающая его почти на протяженіи трехъ четвертей его поверхности, служитъ средою для цѣлаго ряда весьма сложныхъ и тѣсно связанныхъ другъ съ другомъ явленій, которыя всѣ вмѣстѣ даютъ намъ картину физической жизни Мірового*) океана, а въ зависимости отъ послѣдней находится и вся органическая жизнь въ немъ. Органическіе процессы, совершающіеся въ океанѣ, въ свою очередь оказываютъ вліяніе на физическія явленія, и такимъ образомъ замыкается круговоротъ физическихъ и органическихъ явленій, дающихъ въ совокупности полную картину жизни Мірового океана.

Для того, чтобы изучить и понять столь сложное сочетаніе всѣхъ явленій, совершающихся въ Міровомъ океанѣ, необходимо расчленить ихъ на отдѣльныя части — океанографическіе элементы. Такими элементами будутъ: распредѣленіе воды и суши по земному шару (потому что воды не вполнѣ охватываютъ земной шаръ), уровень Мірового океана, рельефъ его дна, грунтъ ложа океановъ, составъ воды, соленость,

*) Подъ именемъ Мірового океана здѣсь и вездѣ далѣе понимается совокупность всей непрерывной водной оболочки земного шара.

удѣльный вѣсъ, плотность воды, ея температура, цвѣтъ, прозрачность, волненіе, приливы и отливы, теченія.

Часть перечисленныхъ океанографическихъ элементовъ, включая распредѣленіе воды и суши, уровень, рельефъ и грунтъ дна вмѣстѣ съ физическими и химическими свойствами морской воды, образуютъ первый отдѣлъ океанографіи—статику Мірового океана. Изученіе же движеній, наблюдаемыхъ въ морской водѣ, т.-е. волненіе, приливы и теченія—составляетъ динамику океанографіи.

Такъ какъ на движеніе частицъ морской воды огромное вліяніе имѣютъ ея физическія и химическія свойства и другіе элементы статики океановъ, то отсюда вытекаетъ необходимость сперва познакомиться со статикою, а потомъ уже переходить къ изученію динамики океановъ.

Примѣчаніе. — Долготы вездѣ даны отъ Гринича; температуры въ градусахъ Цельзія, положительныя безъ знака +; всѣ числа по новому стилю; глубины вездѣ выражены въ метрахъ и рядомъ, въ скобкахъ, поставленъ переводъ ихъ въ морскія шестифутовыя сажени въ округленныхъ цифрахъ. Всѣ карты въ равноплощадной проекціи, чтобы географическое распредѣленіе явленій было изображено соотвѣтственно тому, какъ оно существуетъ въ природѣ.

ГЛАВА I.

Распредѣленіе суши и воды по земному шару.

Расчлененность суши и единство воды.—Характеристика сѣвернаго и южнаго полушарій.—Распредѣленіе суши и воды по широтамъ.—Материковое и водное полушарія.—Раздѣленіе Мірового океана.—Площади океановъ и морей.

Расчлененность суши и единство воды.— Первое знакомство людей съ водами океановъ и морей относится, какъ видно изъ предшествовавшаго очерка развитія географическихъ свѣдѣній, помѣщеннаго во введеніи, къ очень отдаленному времени; дальнія плаванія совершались уже болѣе двухъ тысячъ лѣтъ тому назадъ, но отсюда до знакомства съ общимъ характеромъ всей земной поверхности еще было далеко. Только послѣ «Эпохи великихъ открытій» выяснилось, какую огромную долю земной поверхности занимаетъ вода. Дальнѣйшее изученіе все болѣе и болѣе точно устанавливало размѣръ соотношенія поверхностей, занятыхъ сушею и водою, и въ настоящее время оно извѣстно уже съ достаточною точностью для общихъ соображеній.

Конечно, въ сѣверномъ полярномъ пространствѣ еще могутъ быть найдены довольно значительные острова, подобные открытой въ 1913 г. Гидрографической Экспедиціей Сѣвернаго Ледовитаго океана «Землѣ Императора Николая II», но такія открытія возможно ожидать только по окраинамъ полярнаго пространства, а не въ средней его части. Въ южномъ полярномъ пространствѣ главнѣйшія очертанія Антарктическаго материка уже достаточно выяснены, и потому могущія еще быть тамъ сдѣланными новыя географическія открытія не въ состояніи измѣнить сколько-нибудь значительно соотношенія поверхностей, занятыхъ сушею и водою на всемъ земномъ шарѣ.

Принимая общую поверхность земли равною 509,9 милліонамъ кв. километровъ *), поверхность суши займетъ 148,8 милліоновъ кв. кил., а водная поверхность — 361,1 милл. кв. кил., т.-е. первая будетъ относиться ко второй, какъ 1 : 2,43 или, выражая въ °/₀:

Поверхность суши—29,2°/₀ земной поверхности.
» воды—70,8. » »

Округляя, получаемъ: 29°/₀ и 71°/₀.

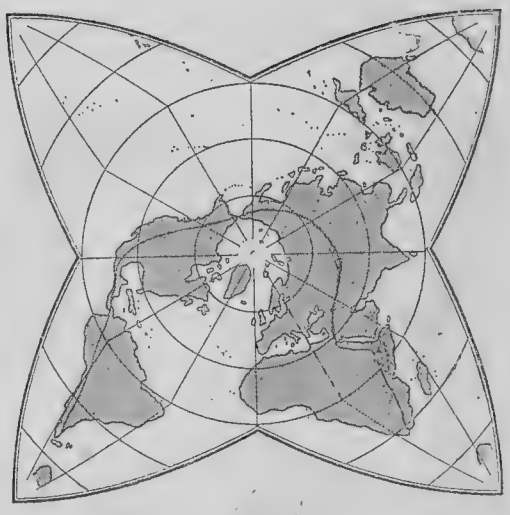
Водная поверхность, кромѣ такого преобладанія, отличается еще однимъ весьма важнымъ свойствомъ—она охватываетъ земной шаръ непрерывною пеленою, тогда какъ части суши образованы отдѣльными массами разнаго размѣра и между собою не связаны. Такимъ образомъ существуетъ Міровой океанъ, суша же представляетъ рядъ отдѣльныхъ частей, омываемыхъ со всѣхъ сторонъ этимъ Міровымъ океаномъ. Это-то обстоятельство, въ соединеніи съ дешевизною и удобствами морскихъ перевозокъ, и сдѣлали океанъ съ давнихъ поръ главнымъ международнымъ путемъ земного шара, значеніе котораго для распространенія цивилизаціи и для соединенія между собою отдаленныхъ мѣстностей тѣмъ больше, чѣмъ болѣе древнія времена мы будемъ разсматривать, потому что въ настоящее время сухопутные пути сообщенія значительно развились и достигли высокой степени техническаго совершенства. Тѣмъ не менѣе врядъ ли они когда-либо будутъ въ состояніи спорить съ дешевизною и удобствомъ морскихъ и даже рѣчныхъ перевозокъ.

Подобное преобладаніе водной поверхности еще болѣе усиливается неравномѣрнымъ распредѣленіемъ суши и воды по земному шару какъ по отношенію къ экватору, такъ и по отношенію къ меридіанальнымъ сѣченіямъ. Между тѣмъ физическія свойства водной и твердой поверхностей земного шара совершенно различны, что̀ имѣетъ большое значеніе и для океанографіи и въ особенности для метеорологіи, и потому характеръ распредѣленія суши и воды на землѣ весьма важенъ для физической географіи вообще.

Характеристика сѣвернаго и южнаго полушарій. — Если взглянуть на карту (фиг. 1), гдѣ весь земной шаръ изображенъ въ особой такъ называемой звѣздной проекціи (Штейнгаузера), то легко замѣтить, что суша большею частью лежитъ въ сѣверномъ полу-

*) При условіи принятія размѣровъ земного эллипсоида по Бесселю (1841 г.). Согласно же послѣднему (1912 г.) опредѣленію Гельмерта поверхность земли равна 510,1 милліонамъ кв. кил. съ вѣроятною ошибкою ± 7.100 кв. кил.

шаріи, а водная поверхность— обратно. Въ сѣверномъ полушаріи водная поверхность занимаетъ 61%, а поверхность суши 39%; для южнаго полушарія эти соотношенія таковы: 81% воды и 19% суши; прилагаемые чертежи (фиг. 2) наглядно это показываютъ.



Фиг. 1.

На той же картѣ (фиг. 1) хорошо видно, что сѣверное приполярное пространство занято водою вокругъ которой сгруппирована суша, образующая тутъ (между 60°—70° с. ш.) почти сплошное кольцо. Чѣмъ далѣе къ югу, тѣмъ поверхность, занятая сушею, все суживается и суживается, и наконецъ суша совершенно выклинивается узкими мысами на югѣ Ю. Америки, Африки и Австраліи, и это уже въ широтахъ 35°—56° южн. шир. (Игольный мысъ 34°50′ ю. ш.; Южный мысъ (Тасманія) — 43°39′ ю. ш.; мысъ Горнъ — 55°59′ ю. ш.). Далѣе къ югу океанъ охватываетъ землю сплошнымъ воднымъ кольцомъ на пространствѣ почти 10° по широтѣ (отъ 56° почти до 65° ю. ш.), и только за южнымъ Полярнымъ кругомъ снова начинается господство суши, занимающей здѣсь, въ противоположность сѣверной оконечности земной оси, все приполярное пространство. Такое распредѣленіе суши и воды въ южномъ полушаріи хорошо видно на второй картѣ въ звѣздной проекціи, гдѣ въ центрѣ находится Южный полюсъ (фиг. 3).

Заштрихованы части, соотвѣтствующія сушѣ.
Фиг. 2. Распредѣленіе суши и воды въ сѣв. и южн. полушаріяхъ.

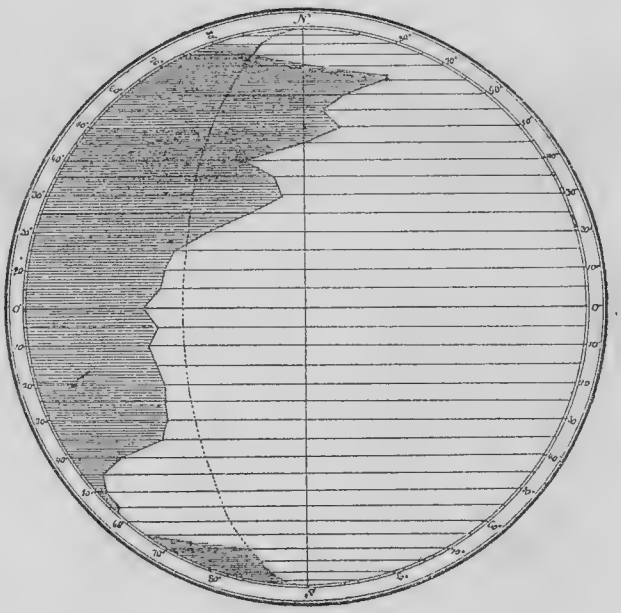
Распредѣленіе суши и воды по широтамъ.—Неодинаковое преобладаніе суши и воды въ разныхъ широтахъ представлено на чертежѣ (фиг. 4). Здѣсь ясно сказывается общій характеръ очертанія материковъ, которые между 60° — 70° с. ш. почти сходятся, а на 56° ю. ш. вовсе

отсутствуютъ. Правильная пунктирная кривая (фиг. 4), пересѣкающая на чертежѣ частью сушу, частью воду, показываетъ границу распредѣленія поверхности суши, если бы отношенія послѣдней къ поверхности воды на каждой параллели были одинаковы среднему отношенію для всей земли.

Фиг. 3.

Материковое и водное полушарія. — Суша и вода неравномѣрно распредѣлены по земной поверхности не только относительно экватора, но и по отношенію ко всякому меридіанальному или иному сѣченію земного шара.

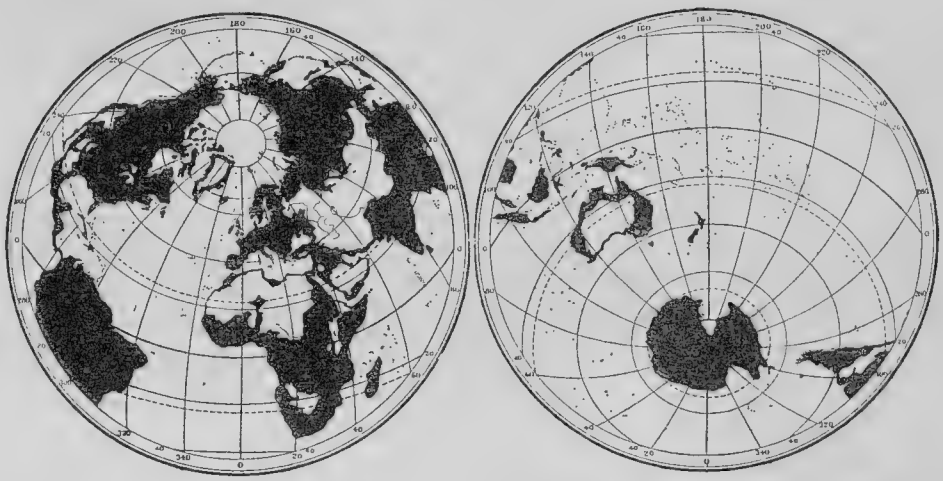
Однако можно такъ выбрать положеніе большого круга, что поверхность земного шара раздѣлится имъ на два полушарія, изъ которыхъ одно будетъ заключать наибольшую часть водной поверхности, а второе—поверхности суши. Первое называется *водянымъ*, а второе—*материковымъ*. Полюсъ *материковаго* полушарія приходится около устьевъ Луары во Франціи, а *океаническаго* — къ востоку отъ Новой Зеландіи. Материковое полушаріе заключаетъ вполнѣ материки: Европы и Азіи, Африки и Сѣверной Америки, и



Фиг. 4. Распредѣленіе суши и воды по широтамъ.

часть Южной Америки. Водное же полушаріе обнимаетъ часть Зондскаго архипелага, Австралію, Антарктическій континентъ и часть Южной Америки, а затѣмъ южныя части Атлантическаго и Индійскаго океановъ и большую часть Тихаго (фиг. 5). Въ материковомъ полушаріи 47% поверхности занято сушею и 53% водою, а въ океаническомъ суша занимаетъ всего 9%, а вода — 91%; т.-е. даже въ материковомъ полушаріи преобладаетъ вода.

Для выясненія взаимнаго расположенія суши и воды на земномъ шарѣ полезно взглянуть на карту антиподовъ, гдѣ видно, что вездѣ, за исключеніемъ части Южной Америки, суша имѣетъ антиподомъ воду и наоборотъ.



Фиг. 5. Материковое и водное полушарія. Бѣлыя пространства внутри материковъ суть области внутреннихъ бассейновъ, безъ стока въ океанъ.

Распредѣленіе суши и воды на земномъ шарѣ обусловливается неровностями земной коры, очень незначительными (не превосходящими 1:340 части земного радіуса) по отношенію къ размѣрамъ земли. Болѣе повышенныя части коры образуютъ материки, а болѣе пониженныя заняты океанами, при чемъ дно послѣднихъ такъ же выпукло, какъ и общая поверхность материковъ.

Раздѣленіе Мірового океана.—Міровой океанъ, охватывая землю непрерывною пеленою, очевидно, не имѣетъ естественныхъ подраздѣленій; однако материки все-таки разбиваютъ его на три отдѣльныя большія части, съ которыми люди познакомились постепенно, по мѣрѣ развитія географическихъ знаній. Прежде всего, повидимому, сталъ извѣстенъ Индійскій океанъ.

Названіе «Индійскаго» появляется въ началѣ XVI столѣтія; у Мюнстера впервые встрѣчается это названіе нанесеннымъ на картѣ всего свѣта въ его «Космографіи» (1555 г.); ранѣе онъ назывался — «Восточнымъ». Атлантическій океанъ, извѣстный прежде подъ именемъ «Западнаго», впервые на картѣ Вальдземюллера (1507 г.) называется—«Атлантическимъ». Названіе «Тихій» океанъ дано послѣднему мореплавателемъ Магелланомъ, впервые пересѣкшимъ его, а «Великимъ» онъ былъ названъ Бальбоа, первымъ европейцемъ, увидѣвшимъ его съ горнаго хребта при движеніи испанцевъ изъ Мексики на югъ.

Прошло много столѣтій, пока появилась въ наукѣ потребность болѣе точнаго опредѣленія, что̀ подразумѣвать подъ каждымъ изъ океановъ. Необходимость установленія границъ океановъ чувствовалась уже въ первой половинѣ XIX ст., и наконецъ въ 1845 г. Королевское Географическое Общество въ Лондонѣ установило слѣдующія границы, признававшіяся всѣми до начала XX ст.; именно: было опредѣлено, что существуетъ пять океановъ:—два Полярныхъ и затѣмъ—Тихій, Атлантическій и Индійскій. Сѣверный Полярный или Арктическій вдоль большей части своей окружности имѣлъ естественныя границы за исключеніемъ трехъ мѣстъ—Берингова пролива, Дэвисова пролива и пространства между Гренландіей и Европою; здѣсь условною границею признавался Полярный кругъ (какъ мы увидимъ далѣе, эта условная линія близко подходитъ къ естественнымъ границамъ Полярнаго бассейна). Къ югу отъ этой условной границы лежатъ два самые большіе океана — Тихій и Атлантическій. Первый на востокѣ граничитъ берегами обѣихъ Америкъ до мыса Горна, откуда начинается условная граница — меридіанъ этого мыса (67° 16′ з. д., принимается кругло—67°) до южнаго Полярнаго круга, затѣмъ этотъ послѣдній до пересѣченія съ меридіаномъ Южнаго мыса на о-вѣ Тасманія (146° 53′ в. д., а принимается кругло—147°), меридіанъ этого мыса, берега Австраліи и западные берега о-въ Тиморъ, Ява, Суматра, линія поперекъ самаго узкаго мѣста пролива до полуострова Малакка и затѣмъ берега Азіи до Берингова пролива.

Атлантическій океанъ на западѣ граничитъ берегами обѣихъ Америкъ, меридіаномъ мыса Горна, южнымъ Полярнымъ кругомъ, меридіаномъ мыса Доброй Надежды (20° 1′ в. д., а принимается кругло—20°), берегами Африки, Азіи и Европы до сѣвернаго Полярнаго круга.

Границами Индійскаго океана служатъ — южный Полярный кругъ, меридіанъ Южнаго мыса (Тасманія), южные и западные берега о-въ

Тиморъ, Ява и Суматра, пол-ва Малакка, берега Азіи, Аравіи и Африки.

Южный Полярный океанъ или Антарктическій съ одной стороны ограничивался только условною границею — южнымъ Полярнымъ кругомъ, а съ другой—берегомъ Антарктическаго материка.

Такое разграниченіе просуществовало полвѣка, пока изученіе физическихъ свойствъ океановъ не подвинулось настолько, что явилась возможность раздѣлить Міровой океанъ на части согласно ихъ физико-географическимъ особенностямъ, а не только по ихъ очертаніямъ.

Главнымъ основаніемъ новаго дѣленія служатъ слѣдующіе признаки: самостоятельныя системы теченій океаническихъ и воздушныхъ, и самостоятельная система приливовъ. Основываясь на этихъ данныхъ, Міровой океанъ раздѣляется на три самостоятельныхъ океана: Тихій, Атлантическій и Индійскій. Границею Тихаго океана на сѣверѣ продолжаетъ оставаться Полярный кругъ, на западѣ и востокѣ у всѣхъ трехъ океановъ остаются вышеуказанныя естественныя и условныя границы, а на югѣ всѣ три океана распространяются до береговъ Антарктическаго материка.

Совершенно искусственно созданный Южный Полярный океанъ отпадаетъ, Сѣверный же Полярный, какъ несамостоятельный бассейнъ, переходитъ въ категорію морей Атлантическаго океана.

Такимъ образомъ изученіе Мірового океана привело къ болѣе научному его раздѣленію, но нельзя не замѣтить, что при этомъ границы трехъ самостоятельныхъ океановъ все-таки мало отличаются отъ ихъ очертаній. Это показываетъ, что общая фигура океановъ не вполнѣ случайна, а связана съ ихъ происхожденіемъ и, слѣдовательно, съ ихъ строеніемъ.

Каждый океанъ, въ свою очередь, вдаваясь болѣе или менѣе внутрь суши, развѣтвляется, и эти уже не самостоятельныя развѣтвленія издавна носятъ названіе морей. Не самостоятельныя моря раздѣляются на: средиземныя и окраинныя.

I. Средиземныя моря глубоко вдаются въ сушу, съ океаномъ соединены однимъ или немногими проливами, очень расчленены, богаты островами, соленость или больше или меньше океанской, температура отъ нѣкоторой глубины до дна однообразна, приливы не велики, теченія большею частью зависятъ отъ мѣстныхъ условій.

Средиземныя моря могутъ быть: между-материковыя и внутренно-материковыя;

а)—*между-материковыя*, т.-е. лежащія между двумя или нѣсколь-

кими материками; они всегда сильно расчленены и имѣютъ много острововъ, глубоки, а именно: Сѣв. Полярное м. (прежній Сѣв. Ледовитый ок.); Австралійско-Азіатское м. (охватываетъ Зондскій архипелагъ); Американскія средиземныя моря (Карибское и Мексиканскій зал.); Романское средиземное м. (Средиземное м. съ его развѣтвленіями); Красное море.

б)—*внутренно-материковыя,* т.-е. охваченныя берегами, принадлежащими одному и тому же материку; это моря небольшія и мелкія, напр.: Бѣлое м., Балтійское м., Гудзоновъ заливъ; Адріатическое м., Мраморное м., Черное м., Азовское м., Персидскій заливъ.

II. Окраинныя моря только окаймляютъ материки. Они отдѣлены отъ океана грядами острововъ, иногда полуостровами; мало расчленены, мало имѣютъ острововъ; соленость немного меньше океанской; приливы зависятъ отъ океанскихъ; теченія частью зависятъ отъ океаническихъ, частью отъ мѣстныхъ условій. Напримѣръ: Нѣмецкое м., Ирландское м., Берингово м., Охотское м., Японское м., Калифорнскій заливъ, Андаманское м.

Площади океановъ и морей.—Величина площадей трехъ самостоятельныхъ океановъ, средиземныхъ и окраинныхъ морей имѣетъ большое значеніе для физической географіи вообще, потому что физическія свойства суши и воды чрезвычайно различны, а это въ свою очередь оказываетъ большое вліяніе на атмосферу и на климатъ земного шара. Вотъ почему распредѣленіе суши и воды и площади, занятыя ими и ихъ отдѣльными частями, являются важными элементами въ физической географіи.

Въ круглыхъ числахъ эти площади таковы:

Названія:	Площади въ милліонахъ квадрат. километровъ.	Въ % поверхности Мірового океана.
Тихій океанъ *)	165,7	46
Атлантическій океанъ	81,7	23
Индійскій океанъ	73,4	20
Три океана	**320,8**	**89**
Средиземныя моря **)	32,4	9
Окраинныя моря	8,1	2
Всѣ моря вмѣстѣ	**40,5**	**11**
Міровой океанъ	**361,3**	**100**

*) Площади океановъ даны безъ морей, имъ принадлежащихъ.

**) Площади нѣкоторыхъ отдѣльныхъ средиземныхъ морей въ милл. кв. кил.: Арктическаго—14,4; Романскаго—3,0; Балтійскаго—0,4; Берингова—2,3; Охотскаго—1,5; Японскаго—1,0; Нѣмецкаго—0,6.

ГЛАВА II.

Уровенная поверхность океановъ и морей.

Понятіе объ уровенной поверхности.—Колебанія уровня.—Средній уровень и его значеніе для науки.

Понятіе объ уровенной поверхности.—Подъ именемъ *уровенной поверхности* въ природѣ понимаютъ всегда поверхность, которая въ каждой своей точкѣ нормальна къ направленію равнодѣйствующей всѣхъ силъ, вліяющихъ на положеніе уровенной поверхности въ данномъ мѣстѣ.

Въ геодезіи такая поверхность называется иногда горизонтальной, а въ частномъ случаѣ, благодаря значительности величины земного радіуса, часть ея для небольшихъ пространствъ можетъ быть принята совпадающею съ плоскостью, касательной къ земному шару въ средней точкѣ даннаго пространства. Вообразить уровенную поверхность можно въ любой точкѣ, но въ природѣ такая поверхность можетъ образоваться только при условіи, что частицы вещества, ее составляющія, обладаютъ достаточною подвижностью, чтобы поверхность, образованная ими, могла быстро принимать положеніе нормальное къ равнодѣйствующей силъ дѣйствующихъ на нее, а именно силы притяженія земли и центробѣжной силы.

Свободная поверхность воды вполнѣ удовлетворяетъ этимъ требованіямъ, и, если бы земля состояла изъ ряда концентрическихъ слоевъ, при чемъ въ каждомъ слоѣ плотность вездѣ была бы одинакова, то и уровенная поверхность океановъ такого тѣла имѣла бы совершенно правильную математическую форму сфероида. На самомъ дѣлѣ плотности распредѣлены, по крайней мѣрѣ, въ ближайшемъ къ поверхности слоѣ земной коры, не вполнѣ равномѣрно, поэтому и свободная поверхность океановъ и морей не принимаетъ формы правильнаго эллипсоида вращенія, а нѣсколько отступаетъ отъ нея. Такая поверхность въ геодезіи называется *геоидическою*, а тѣло, ею ограничиваемое,—*геоидомъ*.

Прежде предполагали, что поверхность геоида, т.-е. уровенная поверхность океановъ, на ихъ серединѣ значительно отступаетъ отъ поверхности сфероида и именно лежитъ ниже его, а на материкахъ—выше

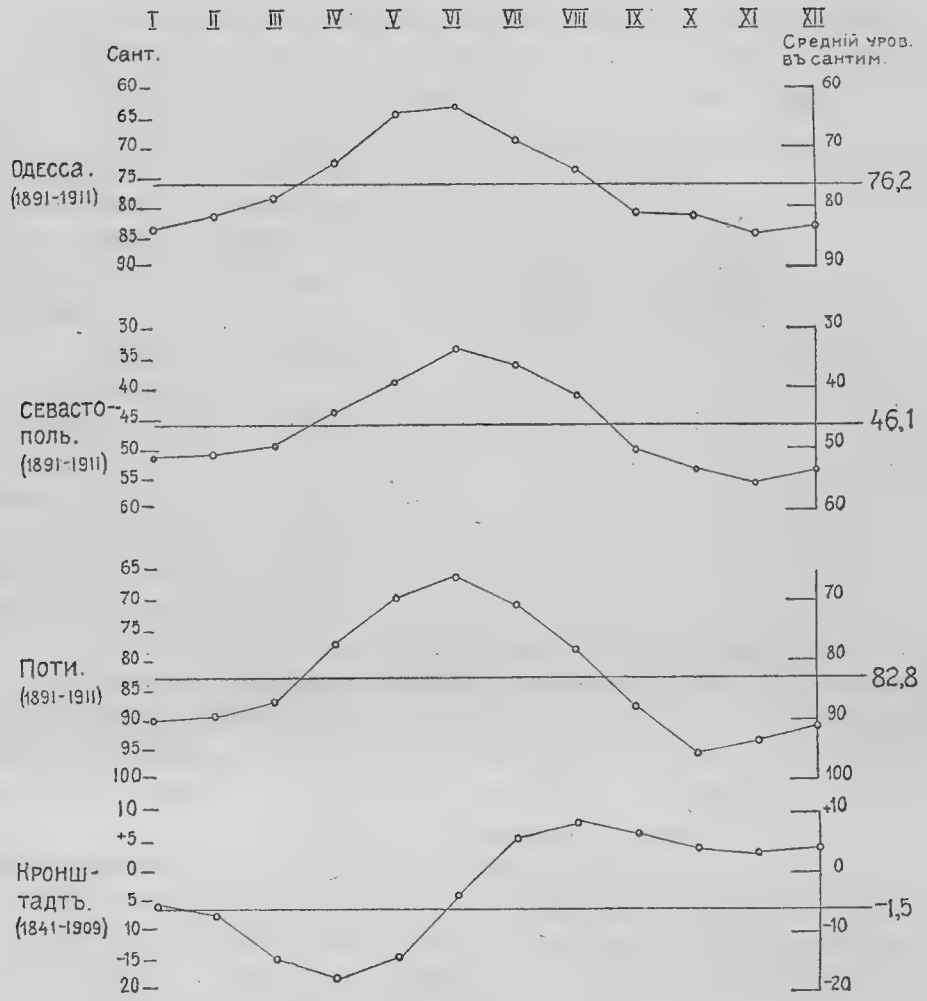
его. Однако изслѣдованія послѣдняго времени привели къ заключенію, что отступленія уровенной поверхности океановъ (т.-е. геоидической) отъ сфероида невелики, вѣроятно, не превосходятъ ± 100 метровъ, что̀ сравнительно съ радіусомъ земного шара около 6.370.000 метр. очень немного.

Но, кромѣ силы тяжести и центробѣжной силы, на положеніе уровенной поверхности океановъ и морей вліяютъ еще и другія причины, хотя и въ гораздо меньшей степени. А именно: вѣтры, теченія, приливы, соленость и температура морской воды, обусловливающія ея разную плотность. Всѣ эти причины, складываясь между собою, измѣняютъ немного въ каждомъ мѣстѣ океана то положеніе уровенной поверхности, которое въ геодезіи называется поверхностью геоида.

Колебанія уровня.—Если наблюдать по футштоку положеніе уровня въ какомъ-либо мѣстѣ на берегу океана или моря, то не трудно замѣтить, что оно постоянно измѣняется. Подобныя наблюденія, произведенныя въ разныхъ мѣстахъ, показали, что вездѣ существуютъ періодическія колебанія уровня съ годовымъ періодомъ, обусловливаемыя главнымъ образомъ климатологическими причинами; колебаніями въ давленіи атмосферы, температурѣ воды, въ стокѣ водъ съ материка и въ направленіи господствующихъ вѣтровъ въ разное время года; послѣднее въ томъ же мѣстѣ, т.-е. при опредѣленномъ очертаніи береговой линіи, иногда будетъ повышать уровень, иногда наоборотъ—понижать его.

Такъ, напримѣръ, въ Кронштадтѣ (фиг. 6) уровень всегда стоитъ выше осенью, нежели зимою и весною, что̀ объясняется и увеличеніемъ стока, и господствующими западными вѣтрами, и наконецъ существованіемъ ледянаго покрова на Финскомъ заливѣ зимою и раннею весною, уменьшающаго вліяніе вѣтровъ на положеніе уровня.

То же самое наблюдается, напримѣръ, и въ Черномъ морѣ, какъ это видно на томъ же графикѣ (фиг. 6), гдѣ колебанія уровня за годъ даны въ среднемъ изъ 20 лѣтнихъ наблюденій для трехъ портовъ, расположенныхъ на двухъ крайнихъ точкахъ моря и посерединѣ между ними: Одессѣ, Поти и Севастополѣ. Самый высокій уровень приходится на лѣто (Іюнь), а самый низкій на осень (Окт. —Ноябрь) во всѣхъ трехъ портахъ, что̀ указываетъ вліяніе общей причины на колебаніе уровня, потому что оно имѣетъ одинаковый характеръ во всемъ морѣ. Такою общею причиною являются атмосферные осадки. Какъ въ бассейнахъ рѣкъ, впадающихъ въ море съ сѣвера и сѣверо-запада, такъ и

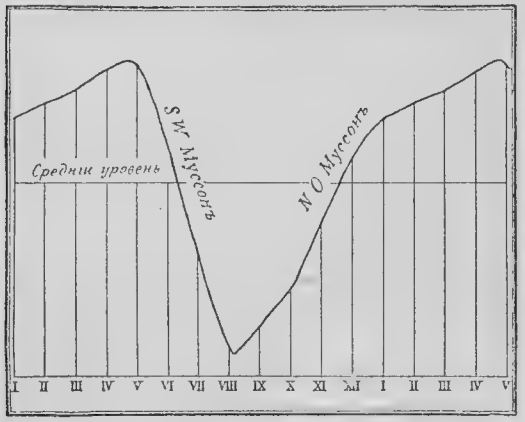


Фиг. 6. Годовой ходъ колебаній уровня по среднимъ многолѣтнимъ наблюденіямъ.

на самомъ морѣ преобладаютъ лѣтніе осадки, стокъ которыхъ и повышаетъ уровень. Кромѣ того на уровень должно оказывать вліяніе количество воды, ушедшей изъ Чернаго моря на югъ черезъ Босфоръ верхнимъ теченіемъ въ этомъ проливѣ. Указаннымъ путемъ можетъ оттекать только опредѣленное количество воды, и слѣдовательно избытокъ притока воды въ море долженъ повышать его уровень.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ существуютъ вѣтры съ правильнымъ годовымъ періодомъ, какъ, напримѣръ, въ Индійскомъ океанѣ муссоны, тамъ и

колебанія уровня у береговъ ясно слѣдуютъ за періодическими смѣнами вѣтровъ. Напримѣръ, въ Аденѣ уровень стоитъ высоко при NE муссонѣ и низко при SW, какъ это видно на графикѣ (фиг. 7).

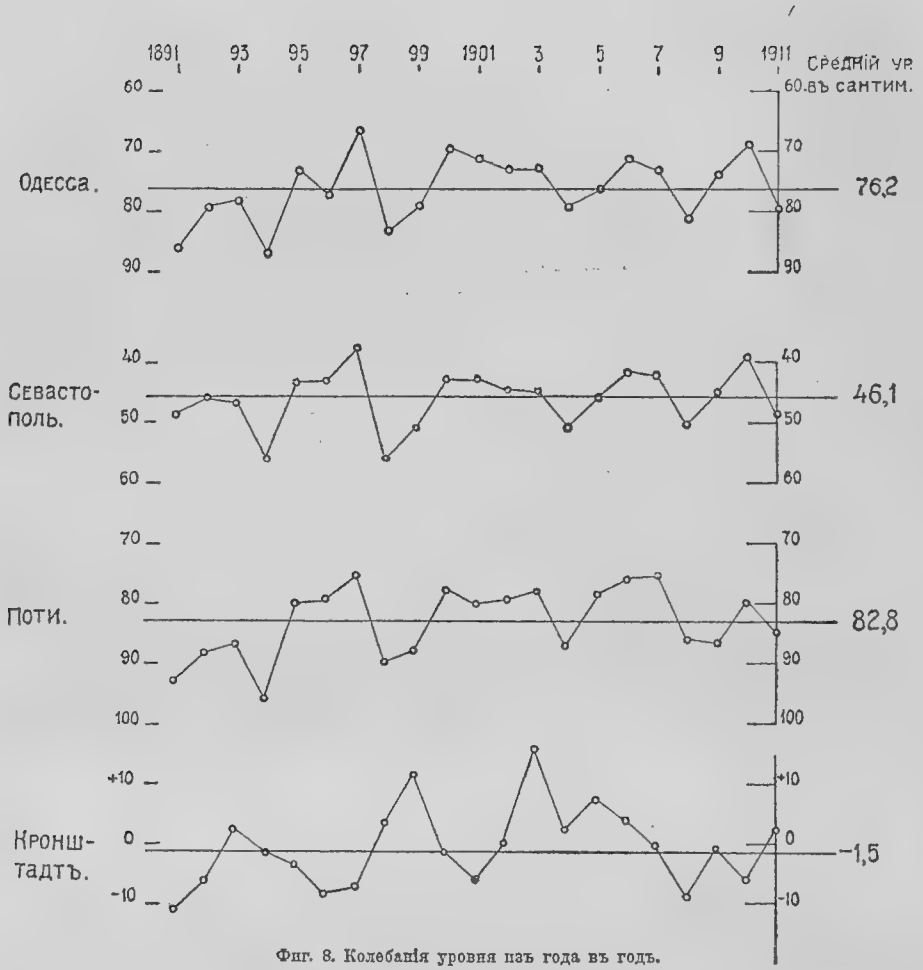


Фиг. 7. Колебаніе уровня въ Аденѣ.

Въ океанахъ и моряхъ, имѣющихъ приливы, уровень обнаруживаетъ еще колебанія съ суточнымъ періодомъ; о характерѣ этихъ колебаній подробно будетъ сказано въ главѣ о приливахъ.

Если взять среднее изъ отсчетовъ по футштоку за весь годъ, то мы получимъ отсчетъ, соотвѣтствующій *среднему годовому уровню* въ данномъ мѣстѣ. Сравнивая такіе средніе уровни изъ года въ годъ въ томъ же мѣстѣ, замѣтили, что они не одинаковы, т.-е., слѣдовательно, могутъ существовать колебанія уровня съ періодами больше годового. Отсутствіе достаточно продолжительныхъ рядовъ хорошихъ наблюденій не дало пока еще возможности вывести періоды такихъ колебаній или доказать, что наблюдаемыя многолѣтнія колебанія вовсе не имѣютъ періодическаго характера.

Примѣромъ многолѣтнихъ колебаній могутъ служить колебанія уровня въ портахъ Чернаго моря: Одесса, Севастополь, Поти и для Балтійскаго въ Кронштадтѣ, изображенныя на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 8) за года съ 1891 г. по 1911 г. На чертежѣ видно, что уровень во всѣхъ трехъ портахъ Чернаго моря въ своихъ колебаніяхъ изъ года въ годъ очень близко слѣдуетъ другъ за другомъ, повторяя общій видъ кривой съ нѣкоторыми незначительными отступленіями, объясняемыми мѣстными причинами (вѣтеръ, очертаніе берега, давленіе атмосферы). На графикѣ видно, что въ 90-хъ годахъ уровень стоялъ выше, нежели въ послѣдніе годы; одинаковость характера колебаній на всѣхъ трехъ станціяхъ подтверждаетъ, что колебанія уровня Чернаго моря зависятъ не отъ мѣстныхъ причинъ, а отъ одной общей. Колебанія уровня въ Кронштадтѣ происходятъ иначе потому, что условія, вліяющія на нихъ въ Балтійскомъ морѣ, иначе складываются въ тѣ же годы, нежели въ Черномъ морѣ.



Фиг. 8. Колебанія уровня изъ года въ годъ.

Наконецъ, во многихъ мѣстахъ на берегахъ замѣтили уже давно существованіе измѣненій въ положеніи уровня, совершающихся иногда въ теченіе цѣлыхъ столѣтій въ томъ же самомъ смыслѣ, т.-е. уровень или все повышается, или все понижается. Такъ, напримѣръ, около сѣверныхъ береговъ Финскаго залива и восточныхъ Ботническаго уровень понижается въ теченіе болѣе чѣмъ двухъ столѣтій.

Такія колебанія уровня называются *вѣковыми*, но они происходятъ не отъ колебаній самого уровня моря, а отъ измѣненій въ положеніи материка, къ которому прикрѣпленъ футштокъ. Такимъ образомъ, измѣненіе уровня тутъ только кажущееся.

Изслѣдованія показали, что подобныя измѣненія въ положеніи суши могутъ происходить и въ томъ и въ другомъ смыслѣ, т.-е. и вверхъ, и внизъ, и на значительную величину, при чемъ эти колебанія суши охватываютъ иногда обширныя пространства. Напримѣръ, оказалось, что все юго-западное побережье Финляндіи и побережье сѣверной Швеціи въ Ботническомъ заливѣ медленно повышается около 55 сант. въ столѣтіе.

Здѣсь умѣстно указать, что всѣ вышеизложенные выводы относительно колебаній уровня основаны на наблюденіяхъ по футштоку, который, очевидно, долженъ быть въ теченіе всего ряда наблюденій неподвиженъ. Чтобы обезпечить эту неподвижность при всякихъ обстоятельствахъ (порча футштока, исправленіе его и т. п.), нуль футштока помощью нивеллировки связываютъ съ какою-либо чертою или точкою на берегу, установленною на фундаментѣ зданія или на скалѣ такъ, чтобы была обезпечена неподвижность этой основной марки.

Средній уровень и его значеніе для науки. — Изъ вышеизложеннаго видно, что уровень океановъ и морей, хотя и въ небольшихъ предѣлахъ, но постоянно находится въ колебаніи. Съ другой стороны, суша тоже не находится въ покоѣ и, несмотря на всю кажущуюся для насъ свою незыблемость, перемѣщается въ вертикальномъ направленіи. Между тѣмъ практическія и научныя задачи требуютъ опредѣленія размѣровъ возвышеній на сушѣ и глубинъ морей. Слѣдовательно, необходимо было избрать какую-нибудь точку общимъ нулемъ для всѣхъ этихъ высотъ и глубинъ. Совершенно естественно, что съ давнихъ поръ такимъ нулемъ служилъ уровень океана и морей; сперва измѣренія высотъ и глубинъ производились просто отъ произвольнаго уровня океана или моря въ данный моментъ, а затѣмъ, по мѣрѣ увеличенія точности опредѣленій глубинъ и высотъ, появилась надобность точнѣе опредѣлять положеніе того уровня, къ которому, какъ къ общему нулю, относились всѣ эти измѣренія.

Такимъ основнымъ нулемъ считается *средній уровень* океана или моря въ данномъ мѣстѣ. Чтобы получить положеніе такого средняго уровня въ каждомъ мѣстѣ, необходимо имѣть продолжительныя наблюденія надъ колебаніями уровня тамъ же. Только такимъ образомъ полученный изъ многолѣтнихъ наблюденій средній уровень сохраняетъ изъ года въ годъ свое положеніе, очень мало измѣняясь отъ прибавленія новыхъ годовъ наблюденій.

Опредѣливъ положеніе среднихъ уровней въ разныхъ мѣстахъ по берегамъ материковъ, уже можно помощью точныхъ топографическихъ

нивеллировокъ сравнить ихъ относительныя положенія въ разныхъ, даже очень удаленныхъ мѣстахъ. Въ Россіи основнымъ нулемъ всѣхъ высотъ считается нуль футштока, стоящаго у Морского Инженернаго Училища въ Кронштадтѣ.

Подобныя сравненія положеній среднихъ уровней у береговъ материковъ въ разныхъ мѣстахъ неоднократно были производимы и въ Европѣ, и въ Америкѣ, и въ Индіи. Всѣ эти изслѣдованія показали, что средній уровень океановъ и морей, съ ними соединенныхъ, почти совершенно одинаковъ. Получившіяся разницы уровней очень близки по своимъ размѣрамъ къ ошибкамъ самихъ нивеллировокъ. Такъ, напримѣръ, сравненіе уровней Балтійскаго и Чернаго морей показало, что практически ихъ средніе уровни находятся на одной высотѣ.

Итакъ, для цѣлей океанографіи можно признать, что уровень океановъ и морей у береговъ материковъ вездѣ одинаковъ, такъ какъ существующія разности не превосходятъ 20—30 сантиметровъ (8—12 дюймовъ) и, слѣдовательно, находятся въ предѣлахъ точности нивеллировокъ *). Посреди же океановъ уровень, какъ указано выше, очень немного отличается отъ поверхности сфероида.

ГЛАВА III.

Рельефъ ложа океановъ и морей.

Историческая замѣтка о способахъ измѣренія глубинъ. — Современные способы и приборы для измѣренія глубинъ. — Способы изображенія рельефа дна океановъ. — Рельефъ дна трехъ главныхъ океановъ. — Главныя характерныя черты рельефа океаническаго ложа. — Общіе выводы относительно рельефа дна Мірового океана.

Историческая замѣтка о способахъ измѣренія глубинъ. — Въ теченіе всего древняго періода мореплаванія вопросъ объ измѣреніи глубинъ сводился исключительно къ промѣрамъ съ цѣлью обезопасить плаваніе у береговъ. Древній міръ не обладалъ никакими опытными данными о дѣйствительныхъ глубинахъ морей и океановъ вдали отъ бе-

*) Напримѣръ, нивеллировка поперекъ Соединенныхъ Штатовъ показала, что уровни Тихаго и Атлант. океановъ разнятся всего на 0,19 метра. Нивеллировка между Балтійскимъ и Чернымъ морями показала, что разность ихъ уровней 0,25 метра.

реговъ, и сужденія этого рода, встрѣчаемыя у ученыхъ древности, основаны были исключительно на догадкахъ.

Первая попытка измѣренія океанской глубины, о которой до насъ дошли свѣдѣнія, была сдѣлана Магелланомъ посреди Тихаго океана и окончилась неудачею,—дна не достали. Послѣ этого прошло еще около 300 лѣтъ (отъ начала XVI ст. до начала XIX ст.) прежде чѣмъ возобновились эти опыты. Даже такіе знаменитые изслѣдователи океановъ, какъ, напримѣръ, Кукъ (1769—1778 г.), Лаперузъ (1785—1788 г.), или даже въ началѣ XIX ст. Крузенштернъ и Лисянскій (*Надежда* и *Нева*, 1803 — 1806 г.), Форстеръ на кораблѣ *Биль*, плававшій съ Ч. Дарвиномъ пять лѣтъ (1831 — 1836 г.), и они не занимались вовсе вопросомъ о глубинахъ той стихіи, по поверхности которой они плавали. Дѣло измѣренія глубинъ продолжало оставаться ограниченнымъ только прямою и ближайшею практическою цѣлью—безопасностью мореплаванія вблизи береговъ.

Въ теченіе первой четверти XIX ст. появляются попытки, правда, почти всегда безуспѣшныя, измѣрить глубины океана. Онѣ были сдѣланы американскими морскими офицерами въ Атлантическомъ океанѣ. Такъ, напр., лейтенантъ Паркеръ на фрегатѣ Соедин. Шт. *Congress* противъ береговъ Бразиліи вытравилъ около 8.333 м. с. лотлиня и, по его мнѣнію, не досталъ дна (хотя въ дѣйствительности глубины тутъ около 3.000—3.500 м. с.*).

Причины неудачъ глубоководныхъ промѣровъ заключались въ слѣдующемъ. При измѣреніи небольшихъ прибрежныхъ глубинъ о моментѣ достиженія лотомъ дна судятъ по двумъ признакамъ: по удару его о дно, передающемуся рукѣ лотоваго, и по освобожденію послѣдней отъ груза лота, слѣдствіемъ чего бываетъ замедленіе въ высучиваніи лотлиня. Наконецъ, когда лотъ снова выбранъ, то приставшій къ нижнему его концу образецъ грунта служитъ также доказательствомъ достиженія лотомъ дна.

---

*) Однако въ теченіе этого періода можно указать на два удачныхъ измѣренія Джономъ Россомъ въ 1818 г. въ Баффиновомъ морѣ двухъ глубинъ, правда, не глубже 1050 м. саж., при чемъ были подняты образчики грунта; а также слѣдуетъ упомянуть, что физикъ Э. Ленцъ, въ плаваніи на русскомъ шлюпѣ *Предпріятіе* (1823—26) подъ командою Коцебу, придумалъ и построилъ глубомѣръ, который по своей идеѣ былъ предшественникомъ современныхъ приборовъ такого рода (чертежъ его см. на оборотѣ титула). Значительныхъ измѣреній глубинъ имъ не было сдѣлано, и, такъ какъ время развитія океанографическихъ изслѣдованій еще не наступило, то глубомѣръ Ленца былъ забытъ, и въ 1870 г. В. Томсонъ самостоятельно возобновилъ его идею.

Естественно, что вначалѣ при измѣреніи океанскихъ глубинъ былъ примѣненъ тотъ же способъ, и понадобилось много времени, пока поняли, что онъ не можетъ дать никакихъ результатовъ, потому что, въ случаѣ измѣренія океанской, т.-е. очень большой глубины, отсутствуютъ оба обыкновенные признака достиженія лотомъ дна. Ударъ лота о дно при глубинѣ въ 2—3.000 м. с. совершенно не передается по тросовому, не натянутому, линю наверхъ; а вѣсъ большой длины вытравленнаго лотлиня такъ значителенъ, что, и по достиженіи лотомъ дна, лотлинь продолжаетъ сучить за бортъ, на взглядъ, съ такою же скоростью, какъ и ранѣе. Недостаточная крѣпость лотлиней того времени не позволяла поднимать лотъ, лотлинь обыкновенно при попыткахъ выбирать его обрывался, и потому послѣдній признакъ достиженія лотомъ дна—образчикъ грунта, также отсутствовалъ.

Сэру Джемсу Кларку Россу, начальнику англійской антарктической экспедиціи (1839—1841 гг.), удалось во время этого плаванія найти первый способъ измѣренія океанскихъ глубинъ, который позволялъ замѣчать моментъ достиженія лотомъ дна.

Производя многочисленные опыты измѣренія большихъ глубинъ, Д. К. Россъ подмѣтилъ, что скорости высучиванія лотлиня въ началѣ и концѣ измѣренія—неодинаковы; а именно: лотлинь отъ начала до нѣкотораго момента измѣренія сбѣгаетъ съ вьюшки равномѣрно-замедленно, а затѣмъ наступаетъ моментъ, когда сбѣганіе лотлиня становится почти равномѣрнымъ. Россъ объяснилъ это слѣдующимъ образомъ. По мѣрѣ сбѣганія лотлиня длина его въ водѣ увеличивается, а слѣдовательно и треніе о воду становится больше, и, хотя вѣсъ вытравленной части лотлиня тоже увеличивается, но тормозящее усиліе воды настолько велико, что паденіе лота и лотлиня дѣлается равномѣрно-замедленнымъ. Когда же лотъ достигнетъ дна и лотлинь начинаетъ ложиться на дно, то длина его до поверхности воды остается постоянною, вѣсъ и треніе тоже перестаютъ измѣняться, и сбѣганіе лотлиня становится почти равномѣрнымъ, нарушаемымъ только качкою судна, инерціей вьюшки и лотлиня.

Если на лотлинѣ положить марки черезъ одинаковыя разстоянія, то, замѣчая по часамъ промежутки ихъ сбѣганія, не трудно видѣть, что первоначально эти промежутки будутъ все увеличиваться, а потомъ становятся почти равными другъ другу, то немного увеличиваясь, то уменьшаясь. Очевидно, та длина лотлиня, около которой промежутки его сбѣганія начали дѣлаться равными другъ другу, и есть искомая глубина.

Признакомъ Росса для опредѣленія момента достиженія лотомъ дна пользовались въ теченіе 30 лѣтъ. За этотъ промежутокъ времени были введены разныя усовершенствованія, но основной принципъ оставался тотъ же. Для того, чтобы лучше, отчетливѣе замѣтить моментъ достиженія дна, дѣлали лотлинь возможно тоньше и крѣпче, старательно навивали его на вьюшку, заботились, чтобы послѣдняя свободно вращалась на своей оси. Съ другой стороны, вѣсъ лота увеличивали и такимъ путемъ достигали болѣе замѣтной и рѣзкой перемѣны въ характерѣ ряда промежутковъ времени сбѣганія сосѣднихъ, одинаковыхъ длинъ лотлиня до касанія лотомъ дна и сейчасъ же послѣ того. Изъ цѣлаго ряда измѣреній были составлены таблицы такихъ промежутковъ времени для опредѣленной толщины лотлиня и вѣса лота. Во всякомъ случаѣ все-таки многое зависѣло отъ опыта и искусства наблюдателя.

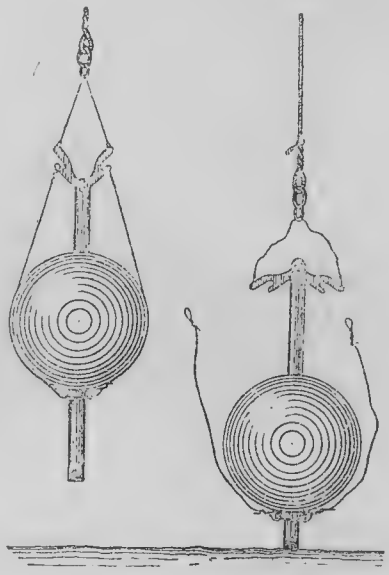
Однако поднять лотъ и достать образчикъ грунта съ океанской глубины не удавалось, и при каждомъ измѣреніи приходилось терять лотъ и почти весь вытравленный лотлинь.

Въ 1854 г. мичманъ флота Соединенныхъ Штатовъ Брукъ предложилъ новый лотъ съ *отдѣляющимся грузомъ* въ моментъ прикосновенія лота ко дну. Такимъ образомъ, при выбираніи лотлиня, ему приходилось выдерживать только вѣсъ выпущенной за бортъ длины его и еще небольшой вѣсъ желѣзной трубки (нѣсколько фунтовъ), сохранявшей образецъ грунта дна.

Благодаря изобрѣтенію Брука и пользуясь пріемомъ Росса, стало впервые возможнымъ доставаніе образчиковъ грунта дна, т.-е. несомнѣннаго доказательства, что лотъ не пронесло, не говоря уже о возможности впервые изслѣдовать характеръ грунта дна океановъ на большихъ глубинахъ. Идея отдѣляющагося груза примѣняется и во всѣхъ современныхъ лотахъ.

Технически въ первоначальномъ лотѣ идея Брука была выполнена такимъ образомъ. Легкая желѣзная трубка снабжалась вверху (фиг. 9) двумя лапками, вращавшимися на общей оси. Верхніе, болѣе длинные концы лапокъ соединялись короткимъ штертомъ, за который помощью особаго кольца брался лотлинь. Нижніе, болѣе короткіе концы лапокъ служили для надѣванія на нихъ петель отъ особыхъ штертовъ, противоположные концы которыхъ прикрѣплялись къ кольцу, надѣвавшемуся на трубку снизу. Грузомъ служило обыкновенное ядро, просверленное по діаметру, поддерживавшееся на вѣсу помощью кольца съ двумя штертами,

петли которыхъ надѣвались на планки. Такимъ образомъ, вся эта система висѣла на лотлинѣ и шла съ нимъ ко дну, пока трубка лота нижнимъ концомъ не упиралась въ дно. Отъ удара конецъ трубки углублялся немного въ грунтъ, образчикъ котораго и оставался въ пучкѣ гусиныхъ перьевъ, укрѣпленныхъ въ нижнемъ концѣ трубки. Между тѣмъ лотлинь еще продолжалъ сбѣгать съ вьюшки, отчего у него образовывалась слабина, планки вверху трубки, уступая тяжести ядра, отгибались внизъ, обѣ петли штертовъ соскакивали съ нихъ, и ядро освобождалось. Съ этого момента на линѣ оставалась висѣть только трубка съ образчикомъ грунта, которую вмѣстѣ съ лотлинемъ и поднимали на бортъ.



Фиг. 9. Лотъ Брука.

Лотъ Брука далъ возможность примѣнять тяжелый грузъ при тонкомъ лотлинѣ, вслѣдствіе чего стало легче замѣчать моментъ достиженія лотомъ дна по признаку Росса, затѣмъ получались образцы грунта, и наконецъ сохранялся лотлинь.

Скоро по изобрѣтеніи лота Брука, онъ былъ примѣненъ при промѣрѣ линіи отъ Ирландіи къ Нью-Фаундленду, съ цѣлью выяснить рельефъ дна для прокладки перваго подводнаго телеграфнаго кабеля (американецъ лейт. Берриманъ на пароходѣ *Arctic* въ 1856 г.); затѣмъ въ 1859 г. англичанинъ кап. 2 р. Дэйманъ на суднѣ *Cyclops* вторично промѣрилъ ту же линію, и на суднѣ *Gorgon*—линію отъ Нью-Фаундленда до Азорскихъ о-въ и оттуда до Ламанша. Это были первыя обстоятельныя и систематическія измѣренія океанскихъ глубинъ, которыя дали возможность проложить первые телеграфные кабели и построить первую карту рельефа дна Сѣв. Антлантическаго океана, составленную лейтенантомъ Мори (см. стр. 31).

При послѣдующихъ измѣреніяхъ постепенно видоизмѣняли первоначальное весьма простое устройство лота Брука и въ большей части лотовъ замѣнили ядро нѣсколькими плоскими чугунными гирями, позволявшими нагружать лотъ, смотря по глубинѣ, и получать большіе

образчики грунта дна съ обезпеченіемъ, что ихъ при подниманіи не вымоетъ изъ трубки лота. Съ послѣднею цѣлью внизу трубки дѣлали или клапаны, или краны, закрывавшіеся при прохожденіи чугунныхъ гирь черезъ нижній конецъ трубки.

Для того, чтобы получить полное понятіе объ измѣреніи большихъ глубинъ по способу Росса, ниже приведенъ примѣръ, взятый изъ работъ на англійскомъ корветѣ *Porcupine* въ 1869 г., въ Бискайскомъ заливѣ. Лотлинь былъ тросовый, окружностью въ 0,8 дюйма и выдерживалъ на разрывъ 1.330 фунтовъ (русскихъ), каждыя 100 м. с. его вѣсили около 14 фунтовъ, лотъ загружался 372 фунтами.

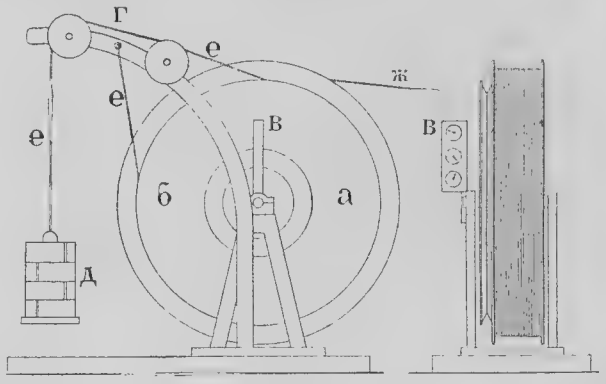
Морскія сажени.	Время.	Промежутки.	Морскія сажени.	Время.	Промежутки.
					1 м. 23 с.
0	2 ч. 44 м. 20 с.		1300	2 ч. 58 м. 5 с.	
		0 м. 45 с.			1 32
100	— 45 5		1400	— 59 37	
		0 40			1 32
200	— 45 45		1500	3 1 0	
		0 45			1 33
300	— 46 30		1600	— 2 42	
		0 55			1 37
400	— 47 25		1700	— 4 19	
		0 50			1 47
500	— 48 15		1800	— 6 6	
		1 0			1 47
600	— 49 19		1900	— 7 53	
		1 9			1 47
700	— 50 24		2000	— 9 40	
		0 59			1 49
800	— 51 23		2100	— 11 29	
		1 22			1 55
900	— 52 45		2200	— 13 24	
		1 15			1 59
1000	— 54 0		2300	— 15 23	
		1 21			1 52
1100	— 55 21		2400	— 17 15	
		1 21			0 40
1200	— 56 42		2500	— 17 55	
					достигъ дна

Лотъ шелъ ко дну 33 м. 35 с., а поднимали его паровою лебедкою 2 ч. 2 м.

Современные способы и приборы для измѣренія глубинъ.— Работы на *Porcupine* почти закончили собою первый періодъ измѣреній глубинъ океановъ при помощи тросоваго лотлиня и признака Росса

по замѣчанію промежутковъ. На *Challenger'ѣ* (1872—1876) въ послѣдній разъ работали тросовымъ лотлиемъ; одновременно извѣстнымъ англійскимъ физикомъ Вильямомъ Томсономъ (впослѣдствіи лордомъ Кельвиномъ) былъ предложенъ глубомѣръ, основанный на совершенно новой идеѣ, который значительно облегчилъ и сдѣлалъ точнѣе промѣры океанскихъ глубинъ. Это изобрѣтеніе, такъ же, какъ и лотъ Брука, составило эпоху въ дѣлѣ изслѣдованія подводнаго рельефа, а слѣдовательно и вообще въ океанографіи.

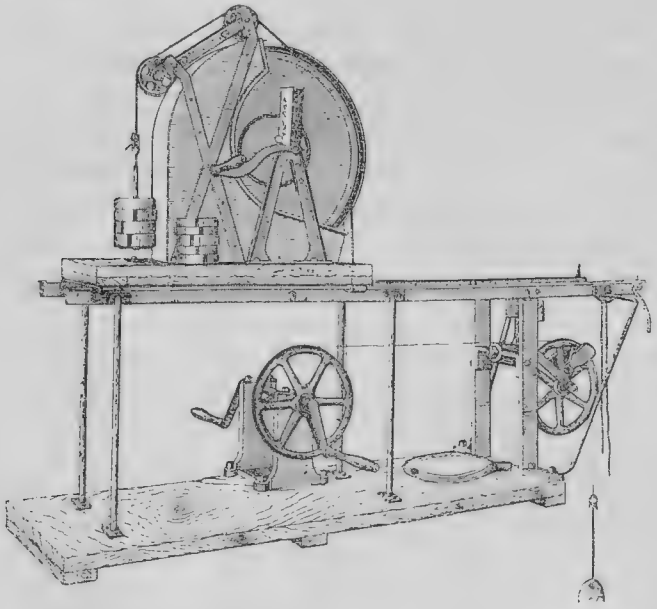
Главная идея въ глубомѣрѣ Томсона заключалась въ слѣдующемъ. Прежде лотлинь свободно травился съ вьюшки, чтобы не нарушать правильности измѣненія промежутковъ сбѣганія одинаковыхъ длинъ лотлиня (что составляло сущность способа Росса), Томсонъ же сталъ тормозить вьюшку и притомъ во всякій моментъ измѣренія съ такимъ усиліемъ, которое равнялось вѣсу въ водѣ той части лотлиня, которая уже была вытравлена за бортъ; т.-е. тормозящее усиліе, по мѣрѣ увеличенія длины лотлиня за бортомъ, тоже все увеличивалось и увеличивалось. Слѣдовательно, вращеніе вьюшки обусловливалось только вѣсомъ лота, и, когда послѣдній достигалъ дна, то вьюшка сама собою останавливалась, тѣмъ самымъ указывая моментъ конца измѣренія глубины. Такимъ образомъ, необходимость замѣчанія промежутковъ сбѣганія лотлиня отпадала.



Фиг. 10. Схема глубомѣра Томсона.

Техническое выполненіе этой идеи видно на чертежѣ (фиг. 10). На особой платформѣ устанавливалась стойка со счетчикомъ числа оборотовъ вьюшки (б — а), которая была пустотѣлая и, по возможности, легкая, для уменьшенія ея инерціи. Она въ поперечномъ сѣченіи имѣла два кипа (правый черт.), одинъ широкій для лотлиня (ж) и другой — узкій для тросоваго тормоза (е). Тормозной конецъ закрѣплялся наверху особой рамы у вьюшки за обухъ (г) и шелъ по узкому кипу вокругъ вьюшки поверхъ двухъ

шкивовъ къ поддону (д), на который накладывались гири по мѣрѣ того, какъ увеличивалась длина лотлиня за бортомъ, съ такимъ расчетомъ, чтобы вѣсъ гирь всегда былъ больше вѣса лотлиня, уже находившагося въ водѣ. Общій видъ перваго глубомѣра Томсона показанъ на другомъ чертежѣ (фиг. 11). На платформѣ, на стойкахъ, установлены рельсы, по которымъ скользитъ глубомѣръ. Передъ измѣреніемъ глубины его подвигаютъ впередъ, къ борту, и проволока бѣжитъ за бортъ прямо съ главной вьюшки. Послѣ достиженія лотомъ дна глубомѣръ отодвигаютъ назадъ, какъ показано на чертежѣ, и проволоку накладываютъ на ободъ шкива на концѣ платформы, затѣмъ проводятъ ее назадъ на вспомогательный шкивъ, вокругъ котораго она дѣлаетъ одинъ оборотъ и идетъ вверхъ на главную вьюшку. Вращаютъ вспомогательную вьюшку, принимающую на себя вѣсъ проволоки, а на главной вьюшкѣ выбираютъ только слабину проволоки.

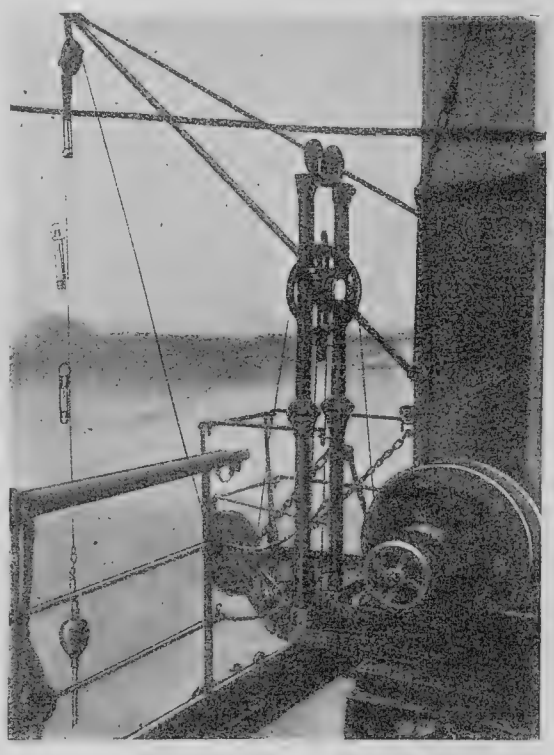


Фиг. 11. Общій видъ перваго глубомѣра Томсона.

Другое важное усовершенствованіе, введенное въ дѣло измѣренія глубинъ Томсономъ, состояло въ замѣнѣ тросоваго лотлиня проволочнымъ. Томсонъ примѣнилъ сперва фортепіанныя струны, а потомъ стали нарочно для лотлиня изготовлять цинкованную проволоку діаметромъ 0,7—0,9 мм., выдерживавшую на разрывъ 250—720 русск. ф. (105—300 кил.). Проволочный лотлинь имѣетъ много преимуществъ; онъ занимаетъ очень мало мѣста, на небольшую вьюшку его можно навить 10.000 метр. (5.468 м. с.), онъ не намокаетъ, и его не надо просушивать; онъ быстрѣе идетъ ко дну, малый вѣсъ его позволяетъ быстро вытаскивать обратно, тѣмъ болѣе, что при этомъ не приходится поднимать

воду, пронитывавшую тросовый лотлинь. Его меньше выгибаетъ при неизбѣжномъ дрейфѣ корабля во время измѣренія глубины; при болѣе быстромъ сбѣганіи лотлиня корабль меньше сноситъ съ мѣста дрейфомъ.

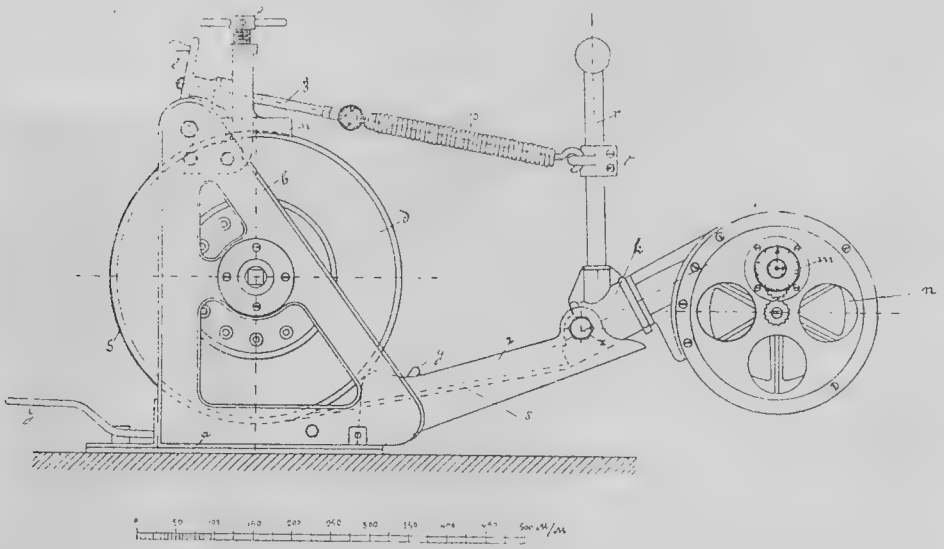
Такъ какъ нельзя быть увѣреннымъ, что, вслѣдствіе шерцін, вьюшка все-таки не сдѣлаетъ нѣсколькихъ лишнихъ оборотовъ, то, во избѣжаніе образованія колышекъ на проволокѣ, къ ея концу привязываютъ кусокъ троса метровъ въ 20, къ которому уже и привѣшиваютъ лотъ, а надъ нимъ два термометра (Негретти-Замбра и max—min) и батометръ для доставанія образчика воды (фиг. 12). На чертежѣ изображенъ американскій глубомѣръ системы Сигсби, установленный на борту промѣрнаго судна. Съ цѣлью облегчить возможность слѣдить за проволокой и за ея вертикальностью во время измѣренія глубины, что̀ достигается, двигая немного судно машиною впередъ или назадъ, устроенъ особый отводъ отъ борта, на немъ подвѣшенъ блокъ, по коему и бѣжитъ за бортъ проволока, какъ это видно на чертежѣ.



Фиг. 12. Глубомѣръ Сигсби, приготовленный къ дѣйствію.

Дальнѣйшія усовершенствованія въ способахъ измѣренія глубинъ и въ самихъ глубомѣрахъ состояли въ улучшеніи технической части приборовъ. Такъ, въ современныхъ глубомѣрахъ такого рода (ихъ три: Сигсби—американскій, Леблана—французскій и Люкаса—англійскій) аккумуляторъ, принимающій на себя толчки отъ качки, введенъ въ устройство самого глубомѣра, счетчикъ отнесенъ на ось той вьюшки, черезъ которую бѣжитъ проволока лотлиня, и потому онъ дастъ не обороты вьюшки, а прямо глубины въ метрахъ или морскихъ саженяхъ. Главныя вьюшки дѣлаются прочныя,

стальныя, такъ какъ имъ приходится выдерживать громадное давленіе проволоки; все устроено обдуманнѣе и компактнѣе, почему и весь глубомѣръ гораздо меньше размѣромъ, нежели были первые образцы. Здѣсь описанъ только глубомѣръ Люкаса, какъ наименѣе громоздкій и уже употребляющійся въ русскомъ флотѣ.



Фиг. 13. Глубомѣръ Люкаса.

Какъ видно на чертежѣ (фиг. 13), глубомѣръ укрѣпленъ четырьмя болтами къ небольшой платформѣ, которую легко за особыя ручки переносить и устанавливать на суднѣ, гдѣ удобно. Общая длина прибора около 1 метра, вышина около 0,6 м., а ширина — около 0,4 м. Сбоку станина (b) глубомѣра имѣетъ видъ прямоугольнаго треугольника, обращеннаго гипотенузою впередъ. Между треугольными щеками станины вращается на оси главная вьюшка (d), на ней навита стальная проволока лотлиня діаметромъ въ 0,9 мм., выдерживающая на разрывъ до 300 килограммъ (18,5 пуд.) на 1 кв. мм. сѣченія.

Впереди и внизу станины укрѣплено ея продолженіе (i) ложкообразной формы, поставленное подъ угломъ къ платформѣ. На концѣ его на оси (x) укрѣплена трубка (k) съ ручкою (r), направленною вверхъ. На концѣ трубки (k) въ особыхъ щекахъ свободно вращается шкивъ, сообщенный зубчатою передачею со счетчикомъ его оборотовъ (m).

Проволочный лотлинь проведенъ снизу главной вьюшки (d) по ложкообразному углубленію продолженія станины (i), сквозь трубку (k) на шкивъ, который она огибаетъ по полуокружности и уходитъ затѣмъ въ воду.

Ручка (r) имѣетъ переставляемую, укрѣпленную винтами обойму (t), за которую взята спиральная пружина (p), другимъ концомъ укрѣпленная къ винту (g), имѣющему на другомъ концѣ дискъ (l) съ ручкою, дѣленіями и указателемъ натяженія пружины (p). Надъ главною вьюшкою (d) имѣется плоскій стопоръ (n), зажимаемый винтомъ (o), дѣлающій по желанію главную вьюшку неподвижною.

Сзади и снизу главной вьюшки проходитъ стальная толстая лента (s). Начало ея укрѣплено вверху станины, затѣмъ она обнимаетъ окраины щекъ главной вьюшки, проходитъ подъ нее и другимъ концомъ крѣпится къ нижнему краю трубки (k). Когда на шкивѣ счетчика (m) лежитъ проволока лотлиня и своимъ вѣсомъ и вѣсомъ лота заставляетъ трубку (k) опуститься до упора въ край продолженія станины (i), то ленточный тормозъ (s) получаетъ полную слабину и отходитъ отъ щекъ главной вьюшки, совершенно ее освобождая.

Измѣреніе глубины производится такъ. къ концу проволочнаго лотлиня приплесненъ тросовый конецъ около 20 м. длиною, чтобы обезпечить проволоку отъ образованія колышекъ. Подвѣсивъ къ нему лотъ, постепенно отхаживаютъ главную вьюшку двумя рукоятками, надѣвающимися на концы ея оси. При этомъ надъ лотомъ привѣшиваютъ термометры и батометръ для придоннаго слоя воды. Затѣмъ доводятъ лотъ до поверхности воды, ставятъ счетчикъ на нуль и, зажавъ стопоръ (o), снимаютъ ручки вьюшки. Вращая ручку винта (g), зажимаютъ ленточный тормозъ (s) настолько, чтобы при отдачѣ стопора (o) вьюшка начала медленно вращаться и лотлинь разматываться. Затѣмъ, зная вѣсъ проволоки въ водѣ (при діаметрѣ 0,9 мм. 1.000 м. вѣсятъ въ воздухѣ 5,6 кил., а въ водѣ—4,9 кил.), все время измѣренія постепенно натягиваютъ пружину (p), руководясь дѣленіями, назначенными на дискѣ винта (l), зажимая вмѣстѣ съ этимъ и ленточный тормозъ (s), потому что конецъ его связанъ съ нижнимъ краемъ трубки (k), и, слѣдовательно, чѣмъ больше наклоняется назадъ ручка (r), тѣмъ болѣе зажимается тормозъ (s). Въ моментъ углубленія трубки лота въ дно, шкивъ (n) и трубка (k) сразу освобождаются отъ груза лота, почему пружина (p) также сразу сокращается, нагибая за ручку (r) трубку (k) вверхъ и тѣмъ самымъ крѣпко зажимая ленточный тормозъ (s), который и останавливаетъ вьюшку. Остается прочесть на

Измѣреніе глубины на станціи № 240, 11 марта 1899 г. на *Valdivia;* $\varphi = 6°\ 12',9$ ю. ш.; $\lambda = 41°\ 17',3$ в. д., Индійскій океанъ (между Сешельскими островами и Африкою).

Промежутки въ морскихъ полусаженяхъ.	Время послѣ полудня.	Промежутки сбѣганія каждыхъ 100 полусаженей или 91,4 м. въ сек.	Скорость сбѣганія лотлиня въ метрахъ въ секунду.	Примѣчанія.
0	6 ч. 59 м. 35 с.	—	—	Глубина 3.236 морскихъ полусаженъ = 1.618 м. саж. = 2.959 метр
100	7 0 4	29	3,1	
200	0 37	33	2,8	
300	1 10	33	2,8	Время паденія лота = 21 м. 15 с.
400	1 43	33	2,8	
500	2 17	34	2,7	Средняя скорость паденія = 2,4 м. въ 1 с.
600	2 52	35	2,7	
700	3 28	36	2,6	Время выбиранія лота = 21 м.
800	4 5	37	2,5	
900	4 42	37	2,5	На днѣ держали термометры 4 м.
1000	5 20	38	2,4	
1100	5 59	39	2,3	Продолжительность измѣренія 46 м.
1200	6 34	35	2,7	
1300	7 11	37	2,5	
1400	7 49	38	2,4	
1500	8 28	39	2,3	
1600	9 8	40	2,3	
1700	9 48	40	2,3	
1800	10 28	40	2,3	
1900	11 8	40	2,3	
2000	11 50	42	2,2	
2100	12 30	40	2,3	
2200	13 14	44	2,1	
2300	13 54	40	2,3	
2400	14 35	41	2,2	
2500	15 15	40	2,3	
2600	15 55	40	2,3	
2700	16 40	45	2,0	
2800	17 22	42	2,2	
2900	18 7	45	2,0	
3000	18 51	44	2,1	
3100	19 37	46	2,0	
3200	20 22	45	2,0	
	Среднее . . .		2,4	

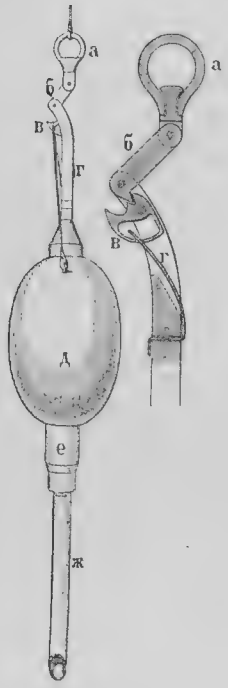
На 3236 м. п. с. вьюшка глубомѣра остановилась.

счетчикѣ (m) прямо глубину (въ метрахъ или морск. саж., смотря, какъ онъ раздѣленъ).

Затѣмъ, надѣвъ ручки на ось вьюшки, отдаютъ ленточный тормозъ (s), отвинчиваютъ винтъ (g) и, дѣлая въ ручную нѣсколько оборотовъ назадъ, этимъ движеніемъ вытаскиваютъ трубку лота изъ грунта дна; зажимаютъ стопоръ (o) и на имѣющійся сбоку на другой сторонѣ станины шкивъ одного діаметра съ вьюшкою, насаженный наглухо на ея оси, надѣваютъ безконечный ремень отъ электродвигателя, установленнаго сзади глубомѣра на той же платформѣ. Снимаютъ ручки вьюшки и даютъ ходъ электрическому двигателю, сперва тихій, а потомъ быстрѣе. При этомъ тихонько двигаютъ справа налѣво и обратно ручку (y); она оканчивается впереди подъ вьюшкою вилкою, кончикъ которой виденъ изъ ложкообразнаго углубленія *i*. Вилка служитъ для равномѣрности навиванія проволоки лотлиня на вьюшку. Навивая, необходимо протирать проволоку и пропускать ее сквозь пропитанную масломъ тряпку.

На стр. 28 приведенъ примѣръ измѣренія современнымъ глубомѣромъ, изъ котораго видно, что лотъ пускаютъ бѣжать съ умѣренною скоростью около 2,0—2,5 метровъ въ $1^{с}$, и съ такою же скоростью выхаживаютъ обратно. При глубинѣ въ 2.059 м. = 1.618 м. с. понадобилось $21^{м}$ $15^{с}$ для достиженія дна. 4 минуты держали на днѣ термометры и поднимали $21^{м}$; общая продолжительность измѣренія—$46^{м}$. При тросовомъ лотлинѣ оно потребовало бы около 2 часовъ.

Съ новѣйшими глубомѣрами употребляютъ лоты, основанные на принципѣ Брука, т.-е. съ отдѣляющеюся тяжестью. На чертежѣ (фиг. 14) изображенъ одинъ изъ лотовъ, употребляемыхъ въ настоящее время. Вверху имѣется кольцо (a), за которое берется конецъ лотлиня, оно соединено съ верхнимъ рычагомъ (b), оканчивающимся внизу зубцомъ, упирающимся въ выступъ другого рычага (c), конецъ котораго выходитъ изъ нѣсколько изогнутаго тѣла верхней части трубки лота. Это устройство хорошо видно на дополнительномъ чертежѣ направо. Второй рычагъ (c), вращаясь на своей оси, постоянно нажимается плоскою пружиною (r), спрятанной въ тѣлѣ верхней части трубки лота, она стремится отогнуть рычагъ вправо, отчего онъ удерживается упоромъ въ зубецъ верхняго рычага (b) и вѣсомъ овальнаго груза (d), который поддерживается проволокою, идущею отъ двухъ ушковъ груза и надѣтой серединою на зубецъ рычага (c). Средняя часть тѣла трубки лота представляетъ цилиндръ (e) съ клапаномъ наверху и стальнымъ шарикомъ



Фиг. 14. Глубоководный современный лотъ.

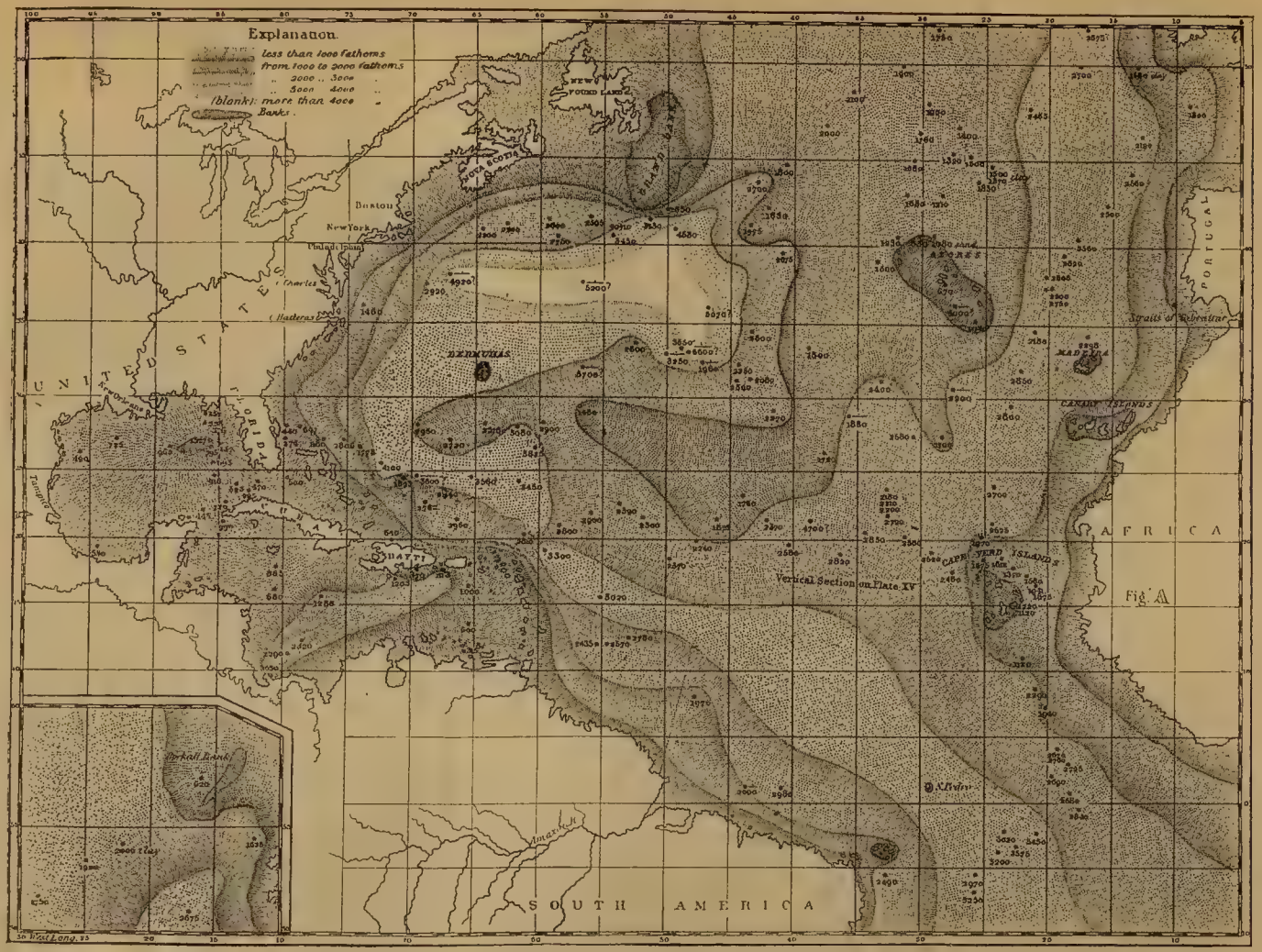
внизу, закрывающимъ отверстіе. Этотъ цилиндръ служитъ для полученія образца придонной воды, а снаружи на него надѣвается чугунный грузъ (д) разнаго вѣса, смотря по глубинѣ. На нижнюю часть трубки лота навинчена еще другая трубка (ж) (сантим. до 60 длиною), меньшаго діаметра, срѣзанная подъ угломъ 45°. Она, при ударѣ лота о дно, входитъ въ него и вырѣзаетъ изъ него столбикъ грунта, на которомъ видно, какъ происходили послѣдовательныя отложенія слоевъ грунта.

Когда трубка врѣжется въ дно и лотъ остановится, то лотлинь продолжаетъ еще двигаться и даетъ нѣкоторую слабину, достаточную, чтобы верхній рычагъ (б), побуждаемый пружиною (г) нижняго рычага (в), нагнулся вправо. Тогда нижній рычагъ (в), нажимаемый пружиною, выскакиваетъ изъ-за зубца верхняго, уходитъ въ углубленіе тѣла верхней части трубки лота, и проволока, лежавшая на немъ до сихъ поръ, соскакиваетъ и освобождаетъ грузъ, соскальзывающій съ трубки лота, когда его начнутъ поднимать.

Современные глубомѣры занимаютъ мало мѣста, удобны для пользованія, а лоты даютъ, вмѣсто маленькихъ кусочковъ грунта, столбики иногда до полуметра длиною.

Способы изображенія рельефа дна океановъ.—Первая попытка изображенія распространенія какого-либо элемента по земному шару при помощи системы кривыхъ линій, проведенныхъ на картѣ черезъ мѣста, гдѣ находятся одинаковые по величинѣ элементы, принадлежитъ французскому гидрографу Бюаши, построившему въ 1737 г. карту рельефа дна Ламанша съ линіями равныхъ глубинъ. Отсюда этотъ пріемъ выраженія неровностей уже былъ перенесенъ на сушу.

Для проведенія на картѣ линій равныхъ глубинъ пользуются слѣдующимъ пріемомъ. Рѣшивъ, черезъ какія вертикальныя отстоянія (ступени) будутъ ихъ проводить, и предположивъ, что между каждыми двумя цифрами глубинъ на картѣ послѣднія измѣняются пропорціонально горизонтальному разстоянію между ними, отыскиваютъ между точками глубинъ мѣста, гдѣ должны были бы приходиться глубины, выражаемыя цѣ-



Фиг. 15. Копія первой карты глубинъ Моря.

лыми числами метровъ или саженъ (500, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000 и т. д.), и уже черезъ найденныя такимъ путемъ точки на картѣ и проводятъ линіи равныхъ глубинъ.

Однако послѣ Бюаша прошло болѣе 100 лѣтъ прежде, нежели собралось столько измѣреній глубинъ, что Мори могъ издать въ 1855 г. свою первую карту рельефа дна Сѣвернаго Атлантическаго океана. На этой картѣ проведены были линіи равныхъ глубинъ дна 1 — 2 — 3 — 4.000 морск. саж., уменьшенная копія съ нея помѣщена на стр. 31 (фиг. 15).

Затѣмъ постепенно стали примѣнять окраску ступеней между линіями равныхъ глубинъ, называемыхъ *изобатами*, обыкновенно оттѣнками одной и той же краски, или же штриховки синей или черной, дѣлая ее тѣмъ темнѣе, чѣмъ глубже. На прилагаемой далѣе картѣ на страницахъ 34—35 (фиг. 16), построенной въ равноплощадной проекціи Ламберта, ступени глубинъ океановъ тоже изображены разною штриховкою. На той же картѣ данъ и рельефъ суши, чтобы можно было составить полное представленіе о рельефѣ земной коры и общемъ его характерѣ.

Рельефъ дна трехъ главныхъ океановъ.—*Атлантическій океанъ*, имѣющій очертаніе, подобное буквѣ S, сохраняетъ его и въ своемъ подводномъ рельефѣ. Главною замѣчательною особенностью его рельефа (см. фиг. 16) является существованіе срединнаго поднятія дна, начинающагося у сѣвернаго Полярнаго круга и тянущагося до 58° ю. ш. Начиная съ сѣвера до Азорскихъ о-въ, поднятіе дна идетъ почти по меридіану, затѣмъ уклоняется къ юго-западу, снова идетъ по меридіану и, не доходя экватора, поворачиваетъ на юго-востокъ. Между 15° и 20° зап. д. поднятіе дна пересѣкаетъ экваторъ и снова направляется по меридіану до 58° ю. ш. Глубины на немъ въ сѣверномъ полушаріи держатся отъ 3.000 до 3.500 метровъ (1.640—1.915 м. с.), въ южномъ же полушаріи отъ 2.000 до 2.500 м. и только на югѣ переходятъ за 3.000 м. (1.640 м. с.).

Это срединное поднятіе дна дѣлитъ океанъ на двѣ длинныя котловины, расположенныя по обѣ его стороны; каждая изъ нихъ въ общемъ глубже 4.000 м. (2.190 м. с.), и дно ихъ лежитъ большею частью на глубинахъ отъ 5.000—5.500 м. (2.700—3.000 м. с.). Изъ нихъ американская котловина глубже и обладаетъ наибольшими отдѣльными глубинами.

Европейско-африканская котловина имѣетъ три небольшія впадины немного глубже 6.000 м. (3.280 м. с.), одна лежитъ на меридіанѣ Исландіи къ западу отъ м. Финистерре, а двѣ другія въ тропикахъ къ сѣверо-западу и

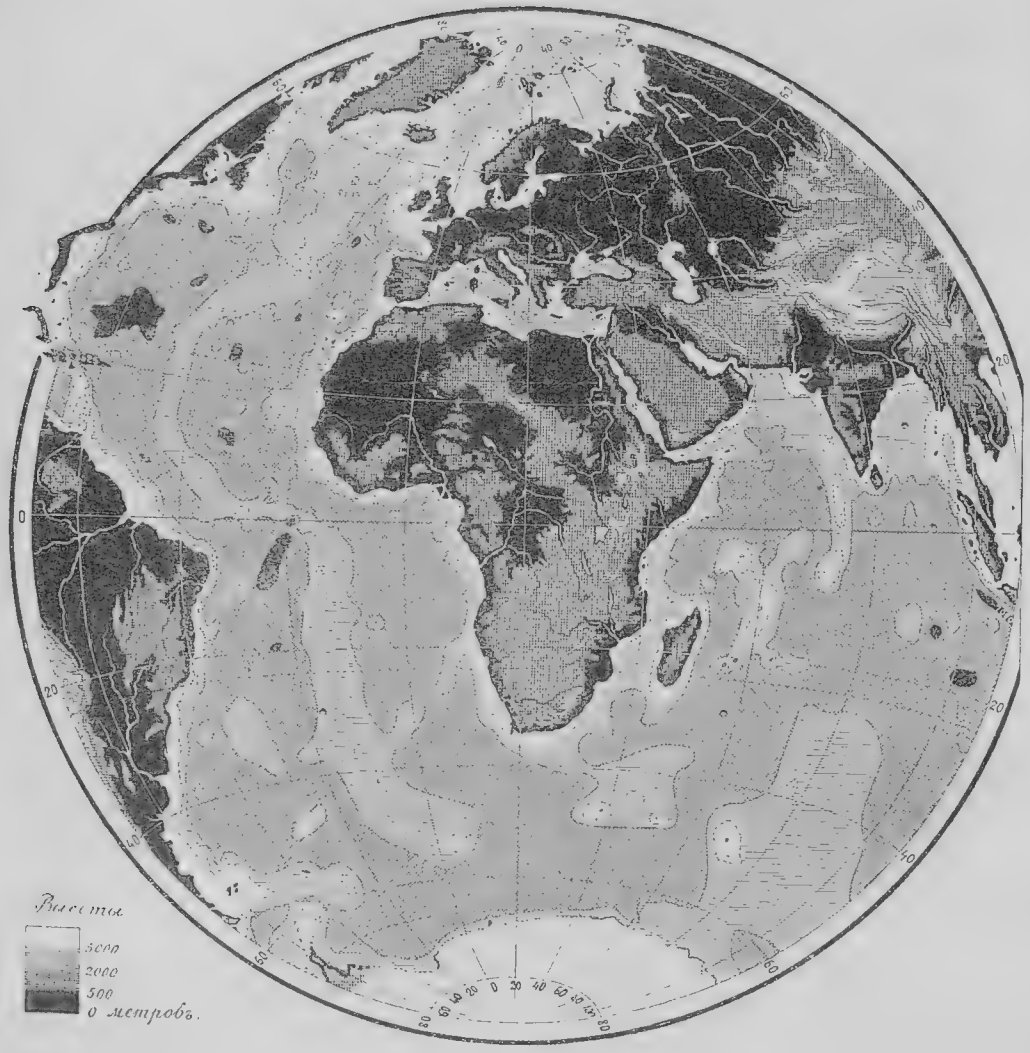
юго-востоку отъ о-въ Зеленаго мыса. Въ южномъ полушаріи не найдено ни одной впадины глубже 6.000 м.

Американская котловина, болѣе глубокая, имѣетъ глубины большею частью близкія къ 6.000 м. въ сѣверномъ полушаріи и отъ 5.500—6.000 м. (3.000—3.280 м. с.) въ южномъ. Выдавшись глубокимъ заливомъ на меридіанѣ южной оконечности Гренландіи до 58° с. ш., она значительно расширяется къ югу отъ Нью-Фаундленда и имѣетъ тутъ пять впадинъ глубже 6.000 м., изъ нихъ самыя значительныя между 30° с. ш. и тропикомъ и къ сѣверу отъ о-ва Порторико. Послѣдняя есть самая глубокая впадина всего океана, въ ней найдено три мѣста глубже 8.000 м., наибольшая глубина **8.525** м. (4.662 м. с.) къ сѣверу отъ о-ва Порторико (въ 140 кил.). Далѣе на югъ глубины уменьшаются, и между Малыми Антильскими о-ми и экваторомъ онѣ немного менѣе 5.000 м. Значительное различіе придонныхъ температуръ въ сѣверной и южной части американской котловины позволяетъ предполагать, что между ними существуетъ нѣкоторое поднятіе дна. Южная часть американской котловины тоже глубокая и имѣетъ три небольшія впадины глубже 6.000 м. (3.280 м. с.); всѣ три небольшія по пространству, одна на параллели Ріо-Жанейро, другія двѣ у экватора, одна почти на экваторѣ (0°11′ ю. ш.) и очень близко къ срединному поднятію дна имѣетъ глубину **7.370** м. (4.030 м. с.). Это наибольшая глубина Южнаго Атлантическаго океана.

За 60° ю. ш. обѣ котловины соединяются, и ихъ большія глубины (5.000 м.) подходятъ очень близко къ Антарктическому материку. На востокѣ онѣ непосредственно сообщаются съ глубинами Индійскаго океана, а на западѣ, между грядою Южн. Сандвичевыхъ о-въ и м. Горнъ, расположена дугою полоса глубинъ менѣе 4.000 м. (2.190 м. с.), раздѣляющая здѣсь области большихъ глубинъ Тихаго и Атлантическаго океановъ.

Другою чрезвычайно важною особенностью рельефа дна Атлантическаго океана является часть его ложа по линіи между Америкою, Гренландіей и Шотландіей, гдѣ глубины, значительно убывая, образуютъ подводную возвышенность, протягивающуюся между берегами Баффиновой Земли и Гренландіи въ Дэвисовомъ проливѣ и затѣмъ между Гренландіей и Исландіей въ Датскомъ проливѣ, и наконецъ между Исландіей и Шотландіей черезъ Фарёрскіе о-ва; на всемъ этомъ протяженіи глубина вездѣ не болѣе 600 м. (330 м. с.).

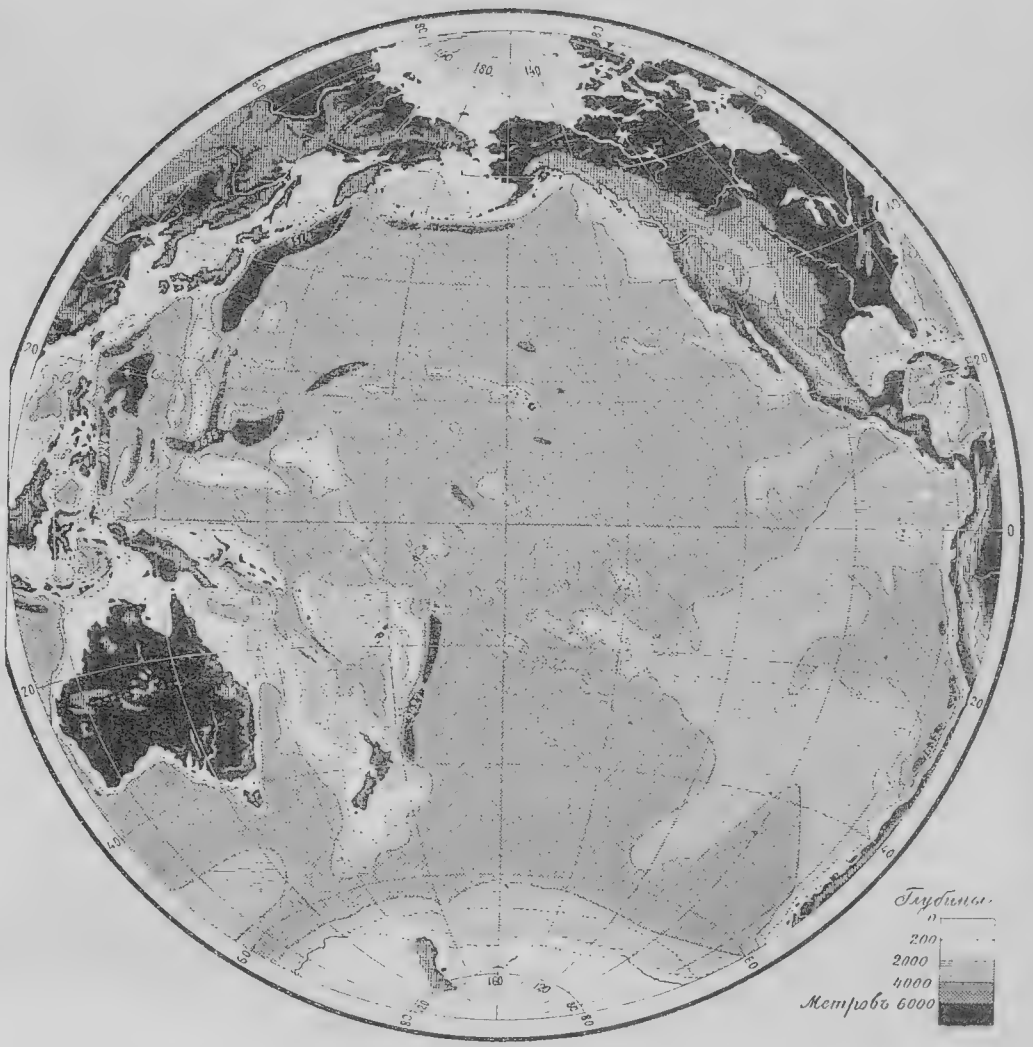
Существованіе подобной возвышенности обусловливаетъ полное отдѣленіе области большихъ глубинъ сѣвернаго Полярнаго бассейна



Фиг. 16. Рельефъ дна Мірового океана и рельефъ

отъ лежащихъ рядомъ глубокихъ частей Атлантическаго океана. Ничего подобнаго на границѣ съ южной полярной областью не существуетъ.

Тихій океанъ далеко не такъ хорошо изслѣдованъ, какъ Атлантическій, но и то, что̀ мы знаемъ о немъ, уже указываетъ, что онъ не только первый изъ всѣхъ океановъ по площади, но и по глубинамъ.



суши въ равноплощадной азимутальной проекціи Ламберта.

Половина (т.-е. около 80 милл. кв. к.) этого океана имѣетъ глубины болѣе 5.000 м. (2.740 м. с.), при чемъ послѣднія занимаютъ безъ перерыва обширныя площади отъ экватора до Алеутскихъ острововъ и отъ экватора къ югу до 60° ю. ш., распространяясь широкою полосою (50° по долготѣ) отъ линіи острововъ Тонга и Новой Зеландіи до меридіана 120° з. д.

Другая особенность Тихаго океана заключается въ большомъ числѣ очень глубокихъ впадинъ дна, неизмѣнно расположенныхъ вдоль окраинъ материковъ или грядъ острововъ.

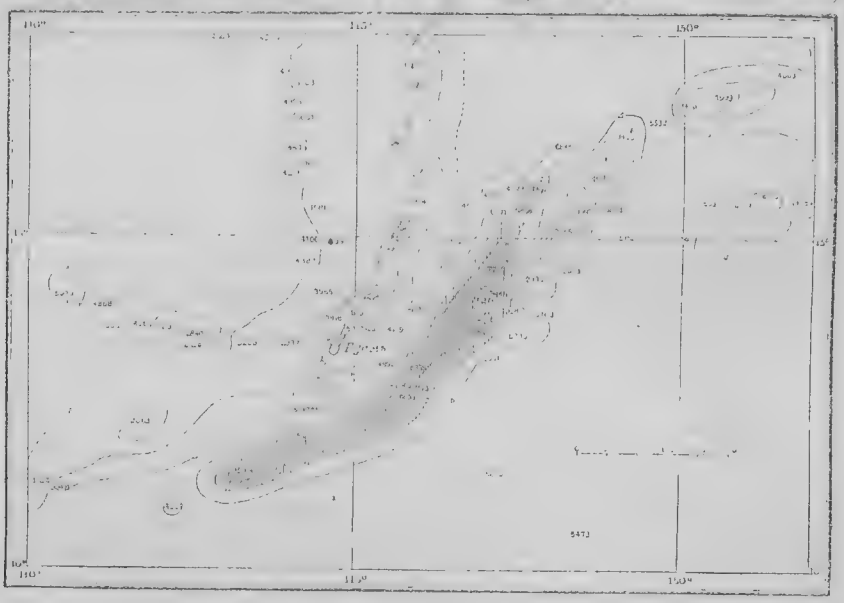
Въ восточной части океана большія глубины довольно близко подходятъ къ материку у береговъ сѣвернаго Чили и Перу, гдѣ изобата въ 5.000 м. близко слѣдуетъ очертанію береговъ, а между 30° ю. ш. и тропикомъ здѣсь протягивается самая глубокая впадина американской половины океана, имѣющая наибольшую глубину 7.640 м. (4.178 м. с.). У Мексики мѣстами изобата въ 4.000 м. (2.190 м. с.) подходитъ къ берегу часто на 50—60 к., т.-е. здѣсь уголъ паденія дна 4°—5°.

Далѣе къ сѣверу (съ 40° с. ш.) изобата въ 5.000 м. (2.740 м. с.) отходитъ далеко отъ берега и только у Аляски снова начинаетъ повторять береговыя очертанія. Здѣсь вдоль гряды Алеутскихъ о-въ, еще въ 1874 г. при первыхъ промѣрахъ въ Тихомъ океанѣ на *Tuscarora*, были найдены большія глубины, впослѣдствіи подтвержденныя послѣдующими работами; отъ конца полуострова Аляски до конца гряды Алеутскихъ о-въ съ юга протягивается узкая впадина съ глубинами отъ 6.000 до 7.000 м. (наиб. 7.380 м. = 4.035 м. с. на западѣ). Большія глубины (6.700 м.) близко подходятъ къ Камчаткѣ, и затѣмъ, начиная отъ ея оконечности вдоль всей гряды Курильскихъ и Японскихъ о-въ и до вулканической группы о-въ Бонинъ, расположена обширнѣйшая въ мірѣ по своему пространству впадина, часто называемая по имени корабля, на которомъ ее впервые открыли, впадиною *Tuscarora*. Все это пространство глубже 6.000 м. (3.280 м. с.), а по западному краю его, т.-е. очень близко отъ линіи острововъ, лежатъ еще болѣе глубокія мѣста, гдѣ дно опускается болѣе чѣмъ на 8.000 м. (4.370 м. с.). Курильская сѣверная впадина имѣетъ наибольшую глубину **8.510** м. (въ 330 кил. къ востоку отъ о-ва Урупа), Японская южная—8.490 м. (4.653 м. с. и 4.642 м. с.).

Вдоль Ліу-кіузскихъ о-въ и Формозы протягивается другая впадина болѣе 7.000 м. (7.480 м.), а вдоль Филиппинскихъ о-въ тянется узкая и очень глубокая впадина болѣе 8.000 м. (4.370 м. с.), на югѣ которой найдена самая большая глубина въ мірѣ **9.788** м. (5.352 м. с.) всего въ 40 морскихъ миляхъ, т.-е. 74 кил., къ востоку отъ берега о-ва Минданао (найдена германскимъ гидрографическимъ судномъ *Planet* въ 1912 г.).

Нѣсколько къ востоку отъ этого мѣста лежитъ небольшой архипелагъ Пелау, по сѣверо-восточную сторону котораго найдена впадина съ глубинами до 8.140 м. (4.450 м. с.), и наконецъ къ югу и востоку отъ Маріанскихъ о-въ расположена впадина, обладающая многими глубинами болѣе 8.000 м.,

при чемъ двѣ болѣе 9.000 м. (впадина найдена на суднѣ С. А. С. Ш. *Nero* въ 1899 г.), изъ нихъ наибольшая **9.640** м. (5.270 м. с.) въ 165 кил. отъ о-ва Гуама. На прилагаемой картѣ (фиг. 17) изображенъ рельефъ дна этого замѣчательнаго мѣста. Впадина протягивается дугою съ юго-восточной стороны вдоль южной оконечности Маріанскаго архипелага; общая длина дуги—750 кил. при ширинѣ около 60 к., считая въ предѣлахъ изобаты въ 7.000 м. (3.830 м. с.). Въ этихъ предѣлахъ площадь всей впадины получается въ 49.000 кв. кил., что̀ соотвѣтствуетъ приблизительно площади о-въ Сициліи и Сардиніи вмѣстѣ. Ниже 9.000 м. лежитъ площадь дна, равная 2.500 кв. кил.



Фиг. 17. Впадина Nero у Маріанскихъ о-въ.

Въ южномъ полушаріи въ западной части океана тоже существуетъ значительная по своей длинѣ (300 кил.) и глубинамъ впадина, тѣсно прижатая къ о-мъ Тонга, Кермадекъ и сѣверной оконечности Новой Зеландіи. Здѣсь расположенъ цѣлый рядъ глубинъ болѣе 8.000 м., у о-въ Тонга и о-въ Кермадекъ есть глубины болѣе 9.000 м., наибольшая у послѣднихъ **9.430** м. (5.155 м. с.). Уголъ паденія дна здѣсь отъ 4° до 7°. Между Новой Зеландіей и Австраліей пролегаетъ полоса глубинъ болѣе 5.000 м., которая къ югу отъ Австраліи непосредственно

соединяется съ такими же глубинами Индійскаго океана. За параллелью 60° ю. ш. глубины быстро убываютъ и держатся около 2.000—1.000 м.; повидимому, въ этой части Антарктической области малыя глубины далеко отходятъ къ сѣверу отъ полярнаго материка.

Индійскій океанъ.—Почти половина его площади (35 милл. кв. к.) занята глубинами отъ 4.500 до 5.000 м. (2.460—2.730 м. с.), а именно вся экваторіальная часть океана отъ 10° с. ш. и до тропика Козерога имѣетъ такія глубины, кромѣ плато архипелаговъ: Мальдивскаго, Чагосъ, Сешельскихъ, Каргодосъ и Маскаренскихъ, сосредоточившихся въ западной части океана, между Индіей и Мадагаскаромъ. Область большихъ глубинъ (болѣе 4.000 м.) на юго-западѣ далеко уходитъ въ антарктическія широты, становясь при этомъ еще глубже (5.500—6.000 м.); на юго-востокѣ глубины отъ 4.500 до 5.500 м. распространяются широкимъ поясомъ вокругъ южнаго берега Австраліи и проходятъ въ Тихій океанъ между Новою Зеландіей и Антарктическимъ материкомъ (землей Викторія). Въ южномъ полушаріи среди этой глубокой части Индійскаго океана выдѣляются два плато (отъ 2.000 до 4.000 м.), одно поменьше у о-въ Принца Эдуарда и Крозетскихъ, другое — обширное, идущее отъ береговъ Антарктическаго материка по самой серединѣ океана къ о-мъ Кергеленъ и Амстердамъ и далѣе до тропика Козерога.

Самая глубокая часть Индійскаго океана протягивается вдоль юго-западной окраины большихъ Зондскихъ острововъ. Начиная съ сѣверной оконечности о-ва Суматры, глубины въ 5.000 м. подходятъ къ самому берегу, а вдоль Явы пролегаетъ глубокая и узкая впадина, болѣе 6.000 м., съ наибольшею глубиною въ **7.000** м. (3.828 м. с.) (почти на 10° ю. ш. 108° з. д.) въ разстояніи 250 к. отъ берега Явы.

Наибольшія глубоководныя впадины океановъ.—При обзорѣ каждаго океана упоминались и глубоководныя впадины его ложа, ниже данъ сводъ всѣхъ болѣе замѣчательныхъ впадинъ съ указаніемъ точныхъ мѣстъ наибольшихъ глубинъ.

Океанъ.	Глубоководныя впадины.	Наибольшая глубина ея. Метры.	Широта.	Долгота.
Тихій	Филиппинскихъ о-въ	9.788	9°56′ с.	126°50′ в.
»	Маріанскихъ »	9.636	12°43′ с.	145°49′ в.
»	Кермадекскихъ »	9.427	30°28′ ю.	176°39′ з.
»	Тонга »	9.184	23°39′ ю.	175° 4′ з.

Океанъ.	Глубоководныя впадины.	Наибольшая глубина ея. Метры.	Широта.	Долгота.
Тихій	Бугенвиль о-въ	9.140	6°32′ ю.	154° 1′ в.
»	Филиппинскихъ »	8.900	12°23′ с.	125°57′ в.
Атлант.	Порторико »	8.525	19°35′ с.	67°51′ з.
»	Курильскихъ »	8.513	44°55′ с.	152°26′ в.
Тихій	Пелау »	8.138	7°50′ ю.	135°10′ в.
»	Берегъ Чили	7.635	25°42′ ю.	71°32′ з.
Атлант.	Около средн. поднятія	7.370	0°11′ ю.	18°15′ з.
Индійск.	Ява о-въ	7.000	10° 2′ ю.	108° 5′ в.

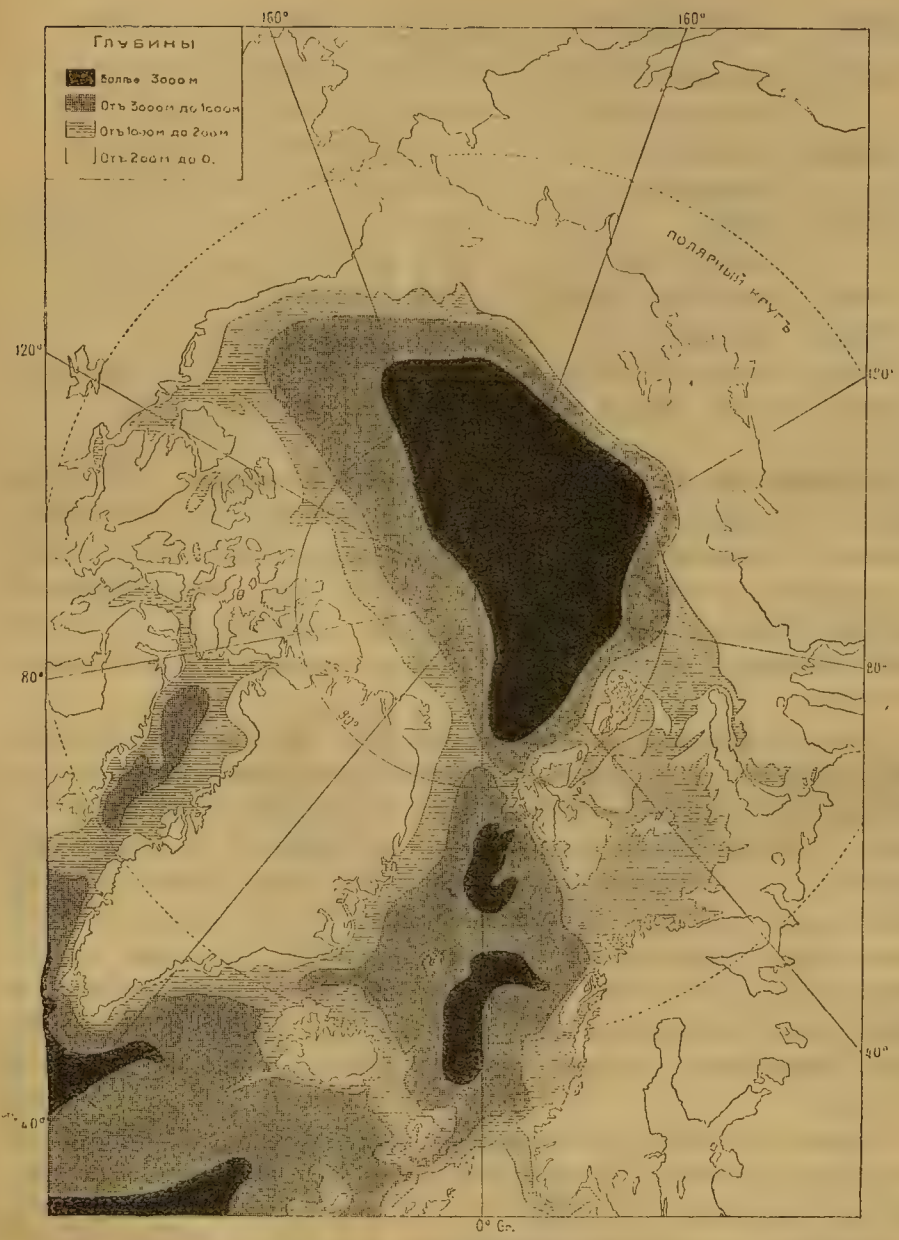
Кромѣ одной всѣ впадины болѣе 8.000 м. (4.375 м. с.) находятся въ Тихомъ океанѣ, гдѣ ихъ общее число доходитъ до восьми.

Рельефъ дна наиболѣе замѣчательныхъ морей. — Изъ всѣхъ морей земного шара на первое мѣсто надо поставить такъ называемый *Сѣверный Ледовитый* океанъ, который, какъ уже было указано выше, не признается самостоятельнымъ океаномъ, а есть только *Арктическое* или *Сѣверное Полярное* море. Оно замѣчательно не только своею величиною, но и во многихъ другихъ физико-географическихъ отношеніяхъ.

Главная черта рельефа Арктическаго моря, какъ это видно на картѣ (фиг. 18, стр. 40), есть полная уединенность его глубокой части отъ рядомъ лежащихъ большихъ глубинъ обоихъ океановъ Атлантическаго и Тихаго. Такимъ образомъ, замкнутость его очертаній по поверхности повторяется и въ подводномъ рельефѣ, вполнѣ подтверждая его средиземный характеръ. Выше уже было указано, что въ Дэвисовомъ проливѣ и между Гренландіей и Европою существуютъ подводные пороги, глубиною около 600 м. Отъ глубокой южной части Берингова моря въ Тихомъ океанѣ Арктическое море отдѣлено еще сильнѣе перемычкою дна въ Беринговомъ проливѣ, гдѣ наибольшая глубина не превосходитъ 50 м.

Кромѣ того, Арктическое море обладаетъ еще одною характерною особенностью, а именно широкою и длинною полосою малыхъ глубинъ, расположенною вдоль берега Евразіи отъ Америки до Норвегіи.

Начиная отъ меридіана Шпицбергена и далѣе на востокъ до Америки протягивается значительной ширины неглубокая прибрежная полоса, достигающая мѣстами вдоль береговъ Сибири до 800 к. ширины;



Фиг. 18. Рельефъ дна Арктическаго моря.

она, въ сущности, представляетъ подводное продолженіе материка Европы и Азіи. На сѣверѣ она ограничивается областью большихъ глубинъ полярнаго бассейна. Баренцово море (между Нов. Землею, Шпицбергеномъ и Европою) хотя и имѣетъ глубины до 400 м., но, по характеру рельефа его дна, оно составляетъ очевидное подводное продолженіе материка Европы. По другую сторону полюса, въ американскихъ водахъ, не существуетъ подобнаго обширнаго подводнаго продолженія американскаго материка.

Два глубокихъ бассейна Арктическаго моря лежатъ между Новымъ и Старымъ свѣтомъ. Главный изъ нихъ центральный, около полюса, пока обслѣдованъ только по его окраинѣ между Ново-Сибирскими о-вами и Шпицбергеномъ экспедиціей Нансена, прослѣдившей рядъ глубинъ болѣе 3.000 м. (наиб. 4.000 м. = 2.187 м. с., 81°8′ с. ш. 127°32′ в. д.). На дальнѣйшее распространеніе этого глубокаго бассейна вокругъ полюса указываетъ измѣреніе, произведенное Пири около самаго полюса, при чемъ онъ на 2.750 м. не досталъ дна, и наконецъ промѣры Миккельсена у береговъ Аляски, показавшіе, что большія глубины и тамъ лежатъ недалеко отъ материка. Этотъ приполярный бассейнъ по линіи Шпицбергенъ—Гренландія ограниченъ подводною грядою около 800 м. глубиною; послѣдняя еще не обслѣдована до конца, до Гренландіи, но вертикальное распредѣленіе температуръ къ сѣверу и югу отъ гряды подтверждаетъ ея существованіе.

Къ югу отъ этой гряды расположенъ между Шпицбергеномъ, Норвегіей и Гренландіей второй глубокій бассейнъ съ двумя впадинами—одною между Гренландіей и Шпицбергеномъ, а другою между Норвегіей и Исландіей; первая имѣетъ наибольшую глубину въ 4.850 м., а вторая—3.670 м. (2.650 и 2.000 м. с.).

По линіи Гренландія—Исландія—Фарёрскіе о-ва—Шотландія протягивается порогъ около 600 м., отдѣляющій глубокія части бассейновъ Арктическаго и Атлантическаго.

Существуетъ еще третій, довольно глубокій, бассейнъ въ Арктическомъ морѣ—это Баффиново море, гдѣ пока найдены глубины отъ 1.000 до 2.000 м. Въ Дэвисовомъ проливѣ существуетъ порогъ менѣе 700 м., а на сѣверѣ Баффинова моря расположены малыя глубины моря Кэна (200 м.).

Моря Атлантическаго океана. — Моря Атлантическаго океана принадлежатъ главнымъ образомъ къ типу морей средиземныхъ.

Всѣ моря, лежащія вдоль сѣверо-западной окраины Европы, находятся въ области малыхъ глубинъ (200—400 метр.).

Изъ морей Атлантическаго океана, лежащихъ въ предѣлахъ Арктической области, слѣдуетъ упомянуть о Бѣломъ и Карскомъ моряхъ.

Бѣлое море имѣетъ характеръ внутренняго, пространство между полуостровомъ Канинъ и Терскимъ берегомъ имѣетъ глубины менѣе 50 м. (27 м. с.). Къ югу, въ Горлѣ Бѣлаго м., глубины отъ 50 до 100 м. (27—55 м. с.); такія же глубины продолжаются и далѣе на югъ до дельты Сѣв. Двины. Западная часть моря глубже, отъ 100 м. до 200 м. (55—109 м. с.), а сѣверо-западный уголъ моря, Кандалакская губа, имѣетъ глубины болѣе 200 м. Наибольшая 330 м. (180 м. с.). Онежскій заливъ мелкій, отъ 50 м. и меньше.

Карское море на большей части своего протяженія имѣетъ глубины отъ 100 м. и больше (55 м. с.). Эти глубины близко подходятъ къ Новой Землѣ, и на югѣ моря, около о-ва Вайгачъ и выхода изъ пр. Югорскій шаръ, есть небольшая область глубинъ болѣе 200 м. (109 м. с.) и даже одна глубина въ 700 м. (380 м. с.). Напротивъ, вдоль берега Ямала, идетъ широкая полоса глубинъ менѣе 50 м. (27 м. с.), которая огибаетъ съ сѣвера о-въ Бѣлый и примыкаетъ къ западному берегу Таймырскаго полу-ва.

Ламаншъ и все пространство отъ Ирландіи до устья Жиронды имѣетъ глубины менѣе 200 м. (109 м. с.). *Па-де-Калэ* имѣетъ наибольшую глубину всего въ 50 м. (27 м. с.); далѣе къ востоку лежитъ мелкое *Нѣмецкое* море, имѣющее по срединѣ обширную банку съ глубинами менѣе 40 м. (22 м. с.) и 20 м. (11 м. с.); вся южная окраина моря мельче 40 м. Единственное глубокое мѣсто въ Нѣмецкомъ морѣ протягивается узкимъ каналомъ вдоль окраины Норвегіи съ глубинами въ 200—400 м., при чемъ въ *Скагеррак*ѣ онѣ доходятъ до 600 м. и даже 800 м. (809 м. = 442 м. с.). На югъ эти глубины продолжаются каналомъ глубиною всего въ 50 м. (27 м. с.) и то только до середины *Каттегата*, еще далѣе на югъ глубины еще меньше. Въ Зундѣ и Бельтахъ глубины становятся менѣе 20 м. (10 м. с.) и въ Зундѣ доходятъ до 8 м. (4,4 м. с.), а въ Большомъ Бельтѣ наибольшая глубина—16,5 м. (9 м. с.).

Балтійское море къ югу отъ Датскихъ о-въ имѣетъ глубины между 20—50 м. (11—27 м. с.), къ востоку отъ о-ва Борнгольма оно глубже 50—100 м. (27—55 м. с.). Островъ Готландъ стоитъ на подводной воз-

выпенности, далеко протягивающейся на югъ, а по обѣ его стороны лежатъ впадины болѣе 200 м. (109 м. с.), при чемъ по линіи Стокгольмъ—Фарё находится наибольшая глубина всего моря 463 м. (253 м. с.), а между Фарё и Либавою—256 м. (140 м. с.). Финскій заливъ имѣетъ глубины отъ 50 м. до 100 м. (27—55 м. с.), постепенно уменьшающіяся къ востоку; Рижскій заливъ имѣетъ глубины отъ 20 до 50 м. (11—27 м. с.).

Между Аландскими о-ми и Швеціей есть впадина съ глубиною въ 294 м. (161 м. с.); къ сѣверу отъ Аландскихъ острововъ вдоль Ботническаго залива тянется впадина отъ 100 до 200 м. съ наибольшею глубиною въ 294 м. (161 м. с.) у береговъ Швеціи передъ входомъ въ Кваркенъ. Въ сѣверной части залива тоже есть глубины болѣе 100 м.

Бискайскій заливъ есть самое глубокое море Европы. Здѣсь большія глубины въ 2.000 и 3.000 м. близко подходятъ къ Испаніи, наибольшая глубина 5.100 м. (2.790 м. с.) лежитъ въ 160 к. отъ берега.

Средиземное море отдѣлено въ Гибралтарскомъ проливѣ порогомъ въ 370 м. (200 м. с.) отъ прилегающихъ съ запада большихъ глубинъ океана. Все море образуетъ два глубокихъ и обособленныхъ бассейна, раздѣленныхъ полосою малыхъ глубинъ отъ Сициліи до Африки (наименьшая глубина на этомъ плоскомъ поднятіи дна 325 м. = 177 м. с.). Западная часть образуетъ, въ свою очередь, два бассейна: Балеарское и Тирренское моря, раздѣленныя къ югу отъ Сардиніи глубинами въ 1.000—2.000 м.; изъ этихъ двухъ морей Тирренское море глубже, оно имѣетъ между Сардиніей и Италіей наибольшую глубину 3.640 (1.990 м. с.).

Восточная половина Средиземнаго моря и больше по пространству, и обладаетъ большими и среднею, и крайнею глубинами. Все пространство отъ меридіана Мессины до о-ва Кипра представляетъ область глубинъ въ 2.000 м. и болѣе. Между меридіаномъ Мессины, Греціей и Критомъ расположена область глубинъ болѣе 3.000 м. (1.640 м. с.), въ восточной ея части (Іоническое море) лежатъ наибольшія глубины. Тутъ имѣются двѣ впадины болѣе 4.000 м., изъ нихъ наиболѣе глубокая къ юго-западу отъ м. Матапана—4.400 м. (2.400 м. с.)

Адріатическое море только въ южной части имѣетъ глубины болѣе 1.000 м. (550 м. с.), Отрантскій проливъ—740 м., сѣверная часть моря мелка, менѣе 100 м.

Архипелагъ на югѣ у самаго Крита имѣетъ глубины болѣе 2.000 м. (2.250 м. = 1.230 м. с.), затѣмъ къ сѣверу глубины становятся меньше, а въ самой сѣверной части опять доходятъ до 1.250 м.

Дарданеллы имѣютъ глубины въ 50—70 м. (27—38 м. с.), а за ними лежитъ узкая и глубокая впадина *Мраморнаго* моря съ наибольшею глубиною въ 1.400 м. (765 м. с.). *Босфоръ* на южномъ концѣ имѣетъ 46 м. глубины (25 м. с.), на сѣверномъ—70 м. (38 м. с.), а въ наиболѣе узкомъ мѣстѣ—100 м. (55 м. с.).

Черное море представляетъ правильнаго вида глубокій бассейнъ съ крутымъ склономъ между изобатами 200 и 1.000 м., а начиная отъ 2.000 м., оно обладаетъ ровнымъ и почти плоскимъ дномъ. Наибольшая глубина къ югу отъ Крыма лежитъ почти по серединѣ моря—2.240 м. (1.220 м. с.). Часть моря къ сѣверу отъ линіи Севастополь — Варна менѣе 200 м. *Азовское* море представляетъ рѣдкій примѣръ большого водная пространства столь малой глубины, наибольшая 14,5 м. (8 м.с.).

Моря американскаго побережья въ Атлантическомъ океанѣ немногочисленны, ихъ всего три.

Гудзоновъ заливъ, отличающійся очень небольшими глубинами, отъ 200 до 100 м.

Американскія средиземныя моря, состоящія изъ *Мексиканскаго* залива и *Карибскаго* моря, напротивъ того, очень глубоки и въ то же время отдѣлены отъ лежащихъ рядомъ глубокихъ впадинъ Атлантическаго океана грядою, протягивающеюся отъ Флориды вдоль линіи Большихъ и Малыхъ Антильскихъ о-въ, съ глубинами нигдѣ не превосходящими 1.700 м. (930 м. с.). Внутри замкнутаго такимъ образомъ пространства на сѣверѣ лежитъ бассейнъ Мексиканскаго залива съ глубинами въ 3.000—4.000 м., наибольшая 3.875 м. (2.120 м. с.) почти посреди залива. Въ Флоридскомъ проливѣ глубины не превосходятъ 1.000 м. (547 м. с.), а въ Юкатанскомъ проливѣ только узкій каналъ имѣетъ глубины до 2.000 м.

Въ *Карибскомъ* морѣ, самомъ глубокомъ морѣ Атлантическаго океана, существуютъ два отдѣльныхъ глубокихъ бассейна, одинъ западный, между Юкатаномъ, Кубою и Ямайкой, это наиболѣе глубокій, онъ весь глубже 4.000 м. (2.190 м. с.); между островомъ Большой Кайманъ и Ямайкою протягивается въ широтномъ направленіи глубокая впадина съ наибольшею глубиною въ 6.270 м. (3.430 м. с.). Эта впадина вытянута совершенно параллельно глубочайшей впадинѣ Атлантическаго океана, расположенной къ востоку отъ о-ва Порторико, и какъ бы образуетъ ея продолженіе къ западу вдоль той же параллели 20° ю. ш. Восточный бассейнъ Карибскаго м., отдѣленный отъ западнаго

перемычкою малыхъ глубинъ, соединяющихъ центральную Америку съ Ямайкою и Гаити, лежитъ между Антильскими островами и Южною Америкой, онъ больше перваго и имѣетъ ровное дно съ глубинами въ 4.000 — 5.000 м. Наибольшая — 5.200 м. (2.840 м. с.) около берега Южной Америки (къ сѣверу отъ такъ называемыхъ Подвѣтренныхъ о-въ).

Моря Тихаго океана. — Моря Тихаго океана, кромѣ Зондскаго, принадлежатъ къ окраинным морямъ.

Австрало-азіатское внутреннее море (Зондское) лежитъ между Индо-Китаемъ, Австраліей и грядами острововъ Зондскаго архипелага на западѣ и сѣверѣ его. Оно раздѣлено островами и соотвѣтственнымъ рельефомъ дна на рядъ обособленныхъ другъ отъ друга бассейновъ, а именно моря: Китайское, Ява, Банда, Целебесъ, Сулу и другія.

Китайское море въ южной части мелко, менѣе 200 м., а въ сѣверной доходитъ до 3.000 и 4.000 м.; наибольшая глубина 4.965 м. (2.715 м. с.) около о-ва Миндоро (Филиппинскіе).

Далѣе къ югу между о-ми Палаванъ, Филиппинскими, Борнео и Сулу расположено море *Сулу,* образующее котлообразную впадину, отдѣленную кругомъ порогомъ около 730 м. (400 м. с.). Наибольшая глубина 4.660 м. (2.550 м. с.) въ 60 кил. отъ о-ва Минданао.

Море *Целебесъ* расположено между о-ми Сулу, Борнео, Целебесомъ и Филиппинскими о-ми. Оно тоже образовано котлообразною впадиною, окруженною порогомъ въ 1.500 м. (820 м. с.). Наибольшая глубина 5.110 м. (2.799 м. с.) лежитъ въ восточной части моря.

Море *Ява*, между Борнео, Суматрою и Явою, мелкое, около 50—60 м. (около 30 м. с.).

Море *Банда* лежитъ между о-ми Целебесъ, Тиморъ и Молукскими. оно отличается большими глубинами, отдѣленными отъ впадинъ сосѣднихъ морей порогами въ 1.600 м. (875 м. с.). Наибольшая глубина 6.500 м. (3.555 м. с.) лежитъ къ югу отъ о-ва Серамъ на самой восточной окраинѣ моря.

Желтое море отличается небольшими глубинами, большею частью менѣе 100 м., оно въ сущности есть подводное продолженіе материка Азіи.

Японское море, напротивъ, глубокое, около 3.000 м., наибольшая глубина 3.260 м. (1.870 м. с.) близко отъ берега материка въ юго-западномъ углу́ моря. Большія глубины Японскаго моря и на югѣ въ Цусимскомъ пр. и во всѣхъ проливахъ на сѣверѣ отдѣлены полосою глубинъ менѣе 200 м. отъ очень большихъ глубинъ Тихаго океана, ле-

жащихъ по другую сторону Японскихъ о-въ, а также и отъ большихъ глубинъ Охотскаго моря. Вслѣдствіе такого рельефа, глубокая впадина Японскаго м. въ физико-географическомъ смыслѣ, повидимому, получаетъ характеръ внутренняго моря.

Охотское море въ сѣверной части мелко, не болѣе 1.000 м., но мѣрѣ же приближенія къ Курильскимъ о-мъ оно становится глубже, и вдоль о-въ протягивается область глубинъ болѣе 3.000 м. (1.640 м. с.). Къ сѣверу отъ Курильскихъ о-въ 3.300—3.400 м. (1.800—1.860 м. с.).

Берингово море въ сѣверной и сѣверо-западной части мелкое, менѣе 200 м., а часть его, примыкающая къ Камчаткѣ и Алеутскимъ о-мъ, очень глубока; наибольшая глубина 4.270 м. (2.305 м. с.) около береговъ западныхъ Алеутскихъ о-въ.

Калифорнское море мельче на сѣверѣ и глубже на югѣ, гдѣ наибольшая глубина 2.270 м. (1.240 м. с.).

Моря Индійскаго океана.—Моря Индійскаго океана немногочисленны; ихъ всего три: Красное и Персидскій заливъ — средиземнаго типа, а Андаманское—окраиннаго.

Красное море отличается для своего размѣра большою глубиною отъ 1.000 до 2.000 м., наибольшая глубина 2.370 м. (1.370 м. с.) лежитъ въ средней его части. Перимскій проливъ менѣе 200 м. (109 м. с.).

Персидскій заливъ—совершенно мелкое море, похоже на Азовское; наибольшая глубина 90 м. (50 м. с.) въ южной его части.

Андаманское море лежитъ между Андаманскими и Никобарскими о-ми и Индо-Китаемъ. Вдоль берега материка глубины менѣе 200 м., а рядомъ съ Никобарскими и Андаманскими о-ми протягивается съ сѣвера на югъ впадина съ наибольшею глубиною въ 4.180 м. (2.290 м. с.).

Главныя характерныя черты рельефа океаническаго ложа.—Вышеизложенное описаніе рельефа дна Мірового океана даетъ общую картину, изъ которой нетрудно выдѣлить слѣдующія характерныя черты рельефа океаническаго ложа.

На картѣ глубинъ (фиг. 16) прежде всего обращаетъ вниманіе бѣлая полоска глубинъ отъ 0 до 200 метровъ (0—100 м. с.), неизмѣнно окружающая каждый участокъ суши. Осмотрѣвъ окраины всѣхъ континентовъ, станетъ видно, что она огибаетъ ихъ непрерывною полоскою, какъ бы образуя подводное ихъ продолженіе, связывающее между собою всѣ материки въ одно цѣлое, имѣющее одно общее основаніе. Мѣстами эта полоса узка, мѣстами очень широка, всего шире вдоль сѣверныхъ

береговъ Европы и Азіи. Эта полоса глубинъ въ 0—200 м. есть дѣйствительное подводное продолженіе материковъ, почему оно и называется *материковою отмелью*. Край ея образуетъ настоящую окраину материковъ, современное береговое очертаніе коихъ есть только случайное обстоятельство, соотвѣтствующее нашему времени, легко измѣняющееся подъ вліяніемъ различныхъ причинъ, изъ которыхъ нѣкоторыя указаны въ главѣ объ уровнѣ океановъ (поднятіе и опусканіе материковъ).

Слѣдующая за материковою отмелью часть океаническаго ложа, опускающаяся болѣе круто и лежащая между изобатами 200—2.000 м. (100—1.000 м. с.), есть уже дѣйствительный склонъ материковъ къ ложу океановъ, почему онъ и называется *материковымъ склономъ*. Эта часть дна океановъ по большей части не широка, и во многихъ мѣстахъ къ ней такъ близко подходитъ изобата 3.000 м. (1.640 м. с.), что въ этихъ случаяхъ ступень между 2.000 и 3.000 м. можно также считать продолженіемъ материковаго склона.

Ниже начинается самое *ложе* мірового океана, занимающее обширное пространство (около 80% всей поверхности Мірового океана), среди котораго выдѣляются очень небольшія по пространству области наибольшихъ пониженій—*глубоководныя впадины* океаническаго ложа, лежащія ниже 6.000-метровой ступени глубинъ (3.300 м. с.), на картѣ (фиг. 16, стр. 34—35) онѣ обозначены черными пятнами. Въ совокупности эти впадины занимаютъ очень небольшое пространство (всего 1,5% всей поверхности Мірового океана).

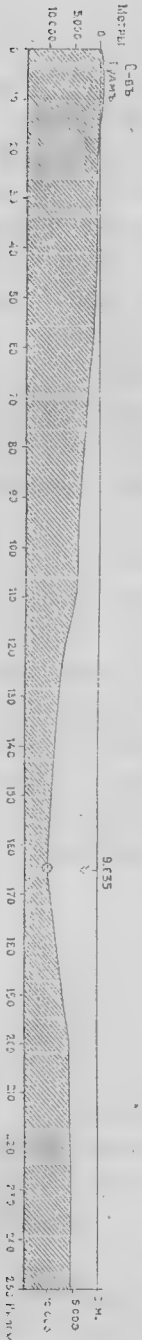
Всѣ три указанные элемента океаническаго ложа охватываютъ слѣдующее пространство по дну океана, а именно:

Материковая отмель	отъ	0	до	200 м.	8,4%
Материковый склонъ	»	200	»	2.000 »	9,3%
Ложе Мірового океана	»	2.000	»	6.000 »	80,8%
Глубоководныя впадины	»	6.000	»	10.000 »	1,5%

Отсюда еще разъ наглядно видно, какое большое значеніе имѣетъ океаническое ложе, какъ элементъ рельефа всей земной коры.

Общіе выводы относительно рельефа дна Мірового океана.— Выше уже было отмѣчено, что материковая отмель образуетъ подводное продолженіе материковъ, оканчивающихся на ея внѣшней окраинѣ, лежащей около 200 м. изобаты (иногда немного глубже).

Материковая отмель отличается самыми незначительными уклонами, она почти горизонтальна. Слѣдующій за нею материковый склонъ



Фиг. 19. Уклонъ дна въ Тихомъ ок. отъ берега о-ва Гуама къ востоку въ естественномъ масштабѣ.

имѣетъ бо̀льшіе уклоны, однако обычно около 4°-5°-7°, иногда доходящіе до 13° (материковый склонъ Ирландіи и Франціи), большіе уклоны (20°—40°) встрѣчаются только у береговъ вулканическихъ и коралловыхъ острововъ, а у береговъ материковъ пока найдены только въ Бискайскомъ заливѣ, гдѣ между нѣкоторыми изобатами имѣются уклоны, доходящіе до 21°—41°. Если въ тѣхъ же самыхъ мѣстахъ материковаго склона опредѣлить общій уклонъ, то онъ окажется не выходящимъ изъ обыкновенныхъ предѣловъ (3°-7°).

Для того, чтобы дать ясное представленіе о малости величины общаго уклона отъ береговъ къ ложу океановъ, здѣсь данъ (фиг. 19) профиль по линіи перпендикулярной берегу о-ва Гуама (Маріанскіе о-ва) до мѣста большой глубины (9.635 м.) и далѣе (см. фиг. 17). Вертикальный и горизонтальный масштабы одинаковы, и слѣдовательно чертежъ даетъ правильное представленіе объ уклонѣ дна въ этомъ мѣстѣ (см. фиг. 19). Если опредѣлить средній уклонъ дна отъ берега о-ва Гуама къ мѣсту наибольшей глубины, то получится уголъ уклона, равный только 3°25′. На протяженіи всего пониженія дна, какъ это видно на профилѣ (фиг. 19), уголъ уклона немного мѣняется; сперва между изобатами въ 1.000 м. и въ 5.000 м. уголъ уклона 2°30′, затѣмъ между изобатами 6.000—8.000 м. онъ дѣлается круче и доходитъ до 9°30′. По другую сторону впадины дно подымается подъ угломъ отъ 4°30′ до 7°30′ до ложа Тихаго океана (6.000 м.), далѣе же идетъ съ чрезвычайно малымъ уклономъ.

Если сдѣлать такое же вычисленіе для наибольшей извѣстной глубины (9.788 м. въ 74 кил. отъ берега о-ва Минданао), то получимъ средній уклонъ, равный 7°31′.

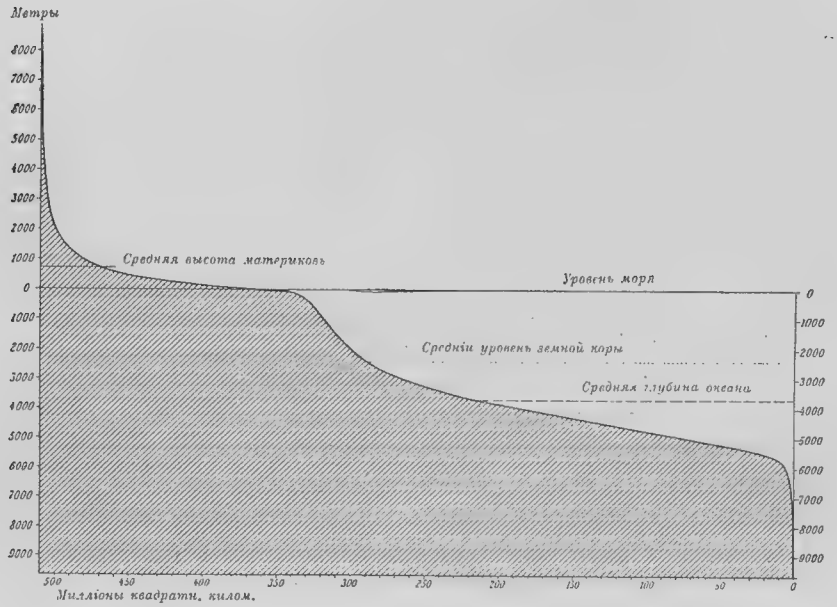
Л о ж е океановъ отличается самыми незначительными уклонами въ предѣлахъ отъ 0°20′ до 0°40′ (очень рѣдко до 1°); предѣльный же уклонъ поверхности, замѣчаемый человѣческимъ глазомъ, около 0°17′. Такимъ образомъ, ложе океановъ почти совершенно совпадаетъ съ горизонтальною поверхностью.

На картѣ глубинъ ясно видно, что глубоководныя впадины почти безъ исключенія всѣ лежатъ поблизости материковыхъ склоновъ, т.-е. непосредственно около самихъ материковъ или архипелаговъ, вилотную къ континентамъ, а не посреднѣ океановъ. Такое расположеніе областей наибольшихъ глубинъ показываетъ, что происхожденіе ихъ обусловлено очень древними причинами, относящимися къ тому періоду, когда образовывались первыя неровности земной коры и обособлялись материковые массивы и области опусканій океановъ, на границѣ между которыми, какъ въ наименѣе прочныхъ частяхъ, и образовались наиболѣе пониженныя части складокъ земной коры.

Если сравнить отдѣльно наиболѣе пониженныя и наиболѣе повышенныя части земной коры, то онѣ почти что одинаково удалены отъ средняго уровня океана. Дѣйствительно, вершина горы Эверестъ въ Гималаяхъ имѣетъ 8.840 м., а наибольшая глубина у Филиппинскихъ о-въ — 9.790 м., разстояніе между ними, считая по радіусу, будетъ 18.630 м. или 19 кил., что̀ составляетъ около 1 : 335 доли земного радіуса. Отсюда видно, насколько незначительны неровности земной коры сравнительно съ размѣрами земного шара.

При первомъ взглядѣ на океаническія глубины невольно кажется, что дно океановъ должно представлять собою глубокую впадину, изогнутую внутрь земной поверхности. Однако, вслѣдствіе громадности земного радіуса сравнительно даже съ наибольшими пониженіями земной коры, подобное представленіе оказывается невѣрно. Океаническое ложе вездѣ, даже въ самихъ глубокихъ своихъ пониженіяхъ, всегда остается *выпуклымъ*.

Всѣ вышеприведенныя замѣчанія относительно рельефа дна Мірового океана основаны на изученіи ряда частныхъ случаевъ, изъ совокупности которыхъ и вытекаютъ сдѣланные выводы. Однако можно поступить еще иначе, а именно: на основаніи картъ, изображающихъ рельефъ земной коры, какъ на сушѣ, такъ и ниже уровня океана, изогипсами и изобатами, составить среднюю профиль неровностей земной коры и уже на основаніи ея сдѣлать соотвѣтствующіе выводы. Для выполненія такой задачи по оси ординатъ откладываютъ метры высотъ суши и глубинъ океана отъ его уровня, а по оси абсциссъ—въ милліонахъ квадратныхъ килом. площади, занимаемыя этими высотами и глубинами. Принимая всю земную поверхность равною 510.000.000 кв. кил., на чертежѣ (фиг. 20) отложено въ произвольномъ масштабѣ линія, равная 510 милл. кв. к.; затѣмъ по картамъ опредѣлены площади, занятыя ступенями высотъ и глубинъ отъ 0 до 1.000 м. высоты, отъ 1.000 до 2.000 м. и т. д., также и для глубинъ. Изъ точекъ оси абсциссъ, соотвѣтствующихъ той площади въ кв. кил., какую данная ступень занимаетъ, возставляютъ ординаты и на нихъ откладываютъ высоты или глубины данной ступени. Затѣмъ, черезъ концы ординатъ проводятъ согласную кривую (такъ наз. гипсографическую), она и даетъ среднюю профиль земной коры. Какъ



Фиг. 20. Гипсографическая кривая—средній профиль земной коры.

видно на чертежѣ (фиг. 20), средній рельефъ суши въ верхней его части представляетъ очень круто падающую вогнутую кривую, показывающую, что верхнія области земного рельефа непрерывно разрушаются и сносятся внизъ, гдѣ онѣ и отлагаются, образуя пологую часть кривой надводнаго рельефа. Выше 5.000 м. лежитъ всего 0,3% всей земной поверхности; выше 2.000 м.—2%, тогда какъ область высотъ отъ 1.000 м. до 0 м. занимаетъ около 22% поверхности земли (около 4 : 5 всей суши), т.-е. на сушѣ преобладаютъ малыя высоты *). Въ той же части рельефа земной коры, которая составляетъ дно океана, получается совершенно иная картина. Прежде всего на чертежѣ видно, что поверхность материковъ продолжается немного ниже уровня океана до начала выпуклаго изгиба кривой, обозначающаго окончаніе материковой отмели и начало материковаго склона. Послѣдній отличается пологимъ скатомъ и ниже 2.000 м. начинаетъ переходить въ ложе океана, представляющее весьма спокойную, почти прямую линію до области большихъ глубинъ ниже 6.000 м. Въ этомъ мѣстѣ линія рельефа земной коры круто поворачиваетъ внизъ, тѣмъ самымъ указывая, что области большихъ глубинъ въ океанахъ суть результатъ опусканія земной коры.

Область океаническаго ложа, считая ее отъ 2.000 м. до 6.000 м., занимаетъ 57,6% всей поверхности земного шара, область глубоководныхъ впадинъ болѣе 6.000 м. занимаетъ всего около 1,5% поверхности земли. Отсюда видно, что въ океанѣ преобладаютъ большія глубины (58%), т.-е. совершенная противоположность сушѣ, гдѣ малыя высоты занимаютъ главное мѣсто.

Проведенная на чертежѣ (фиг. 20) тонкая пунктирная линія есть *средній уровень земной коры*, объясненіе его дано сейчасъ же далѣе.

---

*) Оттого-то и можно, да и слѣдуетъ приводить въ метеорологіи для составленія картъ изотермъ и изобаръ всей земли—температуры и давленія къ уровню океана.

Путемъ такихъ вычисленій была опредѣлена средняя высота всѣхъ материковъ и средняя глубина Мірового океана; онѣ оказываются слѣдующими:

Средняя высота материковъ—700 (383 м. с.) *).
Средняя глубина Мірового океана—3.700 м. (2.020 м. с.).

Такимъ образомъ, средняя глубина океана въ 5,3 раза больше средней высоты суши—700 м. (383 м. с.), что показываетъ на преобладаніе водной массы океановъ надъ массою суши, лежащей выше средняго уровня. Такое преобладаніе еще лучше видно, если объемъ воды Мірового океана сравнить съ объемомъ части суши, лежащей выше уровня океана; оказывается, что объемъ воды будетъ въ 12,7 разъ больше. Если бы распредѣлить всю сушу, лежащую выше и ниже уровня океана по земному шару такимъ образомъ, чтобы получилось правильное геометрическое тѣло безъ всякихъ неровностей (средній уровень земной коры, см. фиг. 20), то воды Мірового океана покрыли бы весь земной шаръ слоемъ въ 2.400 м. (1.300 м. с.) и не осталось бы ни одного даже самаго малаго острова.

Подобное преобладаніе водной массы на поверхности земного шара имѣетъ большое значеніе для его климата, а слѣдовательно и вообще для жизни на немъ во всѣхъ отношеніяхъ.

Среднія глубины и объемы для трехъ океановъ слѣдующія:

	Средняя глубина въ метр.	Объемъ въ куб. кил.
Атлантическій океанъ . . .	3.860	314,8 милліоновъ.
Индійскій » . . .	3.930	288,5 »
Тихій » . . .	4.100	678,8 »

т.-е. Тихій океанъ оказывается во всѣхъ отношеніяхъ первымъ и по поверхности (см. стр. 10), и по средней глубинѣ, и по отдѣльнымъ глубинамъ, и по объему.

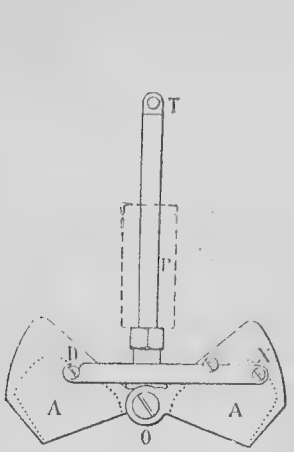
*) Это опредѣленіе сдѣлано Г. Вагнеромъ въ 1895 г., когда неизвѣстенъ былъ еще характеръ рельефа Антарктическаго материка, оказавшагося очень высокимъ (южный полюсъ лежитъ на высотѣ около 3.000 м.). Если принять это во вниманіе, то средняя высота суши будетъ нѣсколько больше, около 900 м.

ГЛАВА IV.

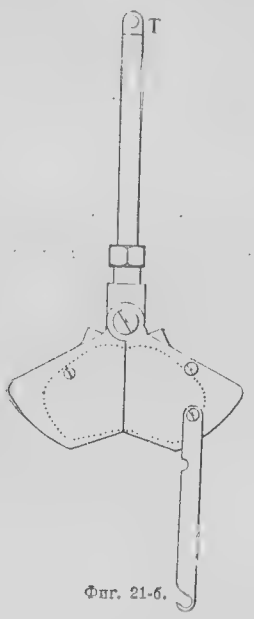
Грунтъ дна океановъ и морей.

Приборы для доставанія грунта дна. — Историческая замѣтка объ изученіи отложеній на днѣ океановъ.—Характеръ грунтовъ дна океановъ по Мёррею и Ренару.—Географическое распредѣленіе грунтовъ по дну океановъ и морей. — Соотношеніе между отложеніями на днѣ океановъ и осадочными породами твердой земной коры. — Относительная древность океаническихъ впадинъ.

Приборы для доставанія грунта дна. — Первымъ прибором для доставанія грунта дна былъ обыкновенный лотъ, въ углубленіе котораго на нижнемъ его концѣ вкладывали кусокъ сала и такимъ образомъ получали приставшія къ нему частицы грунта дна. Затѣмъ стали употреблять разнаго рода храпы, достававшіе большее количество грунта. Подобные храпы и теперь употребляются для иловатыхъ или песчаныхъ грунтовъ на небольшихъ глубинахъ. На чертежѣ (фиг. 21-а) изображенъ храпъ Леже, онъ состоитъ изъ двухъ тяжелыхъ мѣдныхъ полыхъ чашекъ A, укрѣпленныхъ на оси O, находящейся на концѣ стержня T, подвѣшиваемаго къ линю. На стержень можно надѣть цилиндрическій грузъ P для увеличенія тяжести. Чашки удерживаются открытыми помощью щеколды D—X, которая при ударѣ о дно сама отдается, и чашки закрываются, какъ это видно на правомъ чертежѣ (фиг. 21-б).



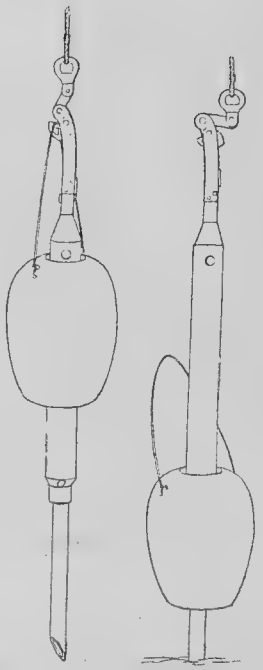
Фиг. 21-а. Храпъ Леже.



Фиг. 21-б.

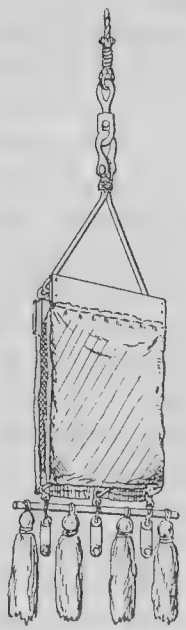
Для полученія глубоководныхъ образчиковъ грунта въ настоящее время употребляются при лотахъ особыя трубки, навинчиваемыя на нижній конецъ трубки лота. Тогда при ударѣ лота о дно нижняя трубка

врѣзается въ него и приноситъ столбики грунта иногда до 0,5 метра длиною, на которыхъ видно, какъ происходило послѣдовательно отложеніе грунта. На чертежѣ (фиг. 22) изображенъ лотъ съ трубкою для грунта, налѣво въ томъ видѣ, какъ онъ идетъ ко дну, а направо — въ моментъ удара о дно.



Фиг. 22. Глубоководный лотъ въ моментъ достиженія дна.

Для полученія большихъ количествъ грунта, а также и животныхъ съ поверхности дна пользуются *драгою*. Какъ видно на чертежѣ (фиг. 23), драга состоитъ изъ металлической рамы, къ которой подвѣшенъ парусинный мѣшокъ. Драга, сама тяжелая, еще загружается по мѣрѣ надобности, а снизу къ ней подвѣшиваютъ обыкновенныя швабры, въ нитки которыхъ легко запутываются мелкія животныя и приходятъ съ ними на поверхность не измятыми массою грунта, забранною мѣшкомъ. Драга опускается на стальномъ проволочномъ тросѣ, который при діаметрѣ въ 14 мм. выдерживаетъ на разрывъ 7.000 килогр., и 1.000 м. его вѣситъ около 500 кил. Способъ пользованія драгою въ морѣ изображенъ на чертежѣ (фиг. 24); обыкновенно вытравливаютъ отъ 1,5 до 2 и болѣе длинъ перлиня противъ глубины въ данномъ мѣстѣ, и, пока драга не легла на дно, машины застопорены и судно стоитъ на мѣстѣ; когда же, по расчету времени паденія драги, она дошла до дна, то даютъ малый ходъ, которымъ и проходятъ желаемое разстояніе; потомъ лебедкою драгу поднимаютъ.



Фиг. 23. Драга.

Драга можетъ служить еще и для другихъ цѣлей: на ней можно стоять въ тихую погоду въ океанѣ, какъ на якорѣ, на очень большихъ глубинахъ (удавалось становиться на 6.000 м. = 3.300 м. с.), и тогда по перлиню драги можно спускать приборы для опредѣленія скорости и направленія подводныхъ теченій, а также наблюдать и поверхностныя теченія. Такой

Фиг. 24. Драгирующее судно.

пріемъ употреблялся американцами при изученіи Гольфстрима у береговъ Соединенныхъ Штатовъ и принцемъ Монакскимъ въ Атлантическомъ ок.

Историческая замѣтка объ изученіи отложеній на днѣ океановъ.—До начала океанографическихъ изслѣдованій (1860-хъ годовъ) образцы грунта дна имѣлись только съ малыхъ глубинъ. Только съ изобрѣтеніемъ лота Брука (1856 г.) стало возможно получать образцы съ большихъ глубинъ, и тогда же лотъ Брука, примѣненный къ промѣру линіи для перваго телеграфнаго кабеля между Англіей и Америкой, принесъ первые образцы грунта дна океана съ глубинъ до 3.500 м. (2.000 м. с.). Несмотря на малую величину образчиковъ, въ нихъ могли опредѣлить скопленія скорлупокъ разныхъ, почти микроскопическихъ животныхъ, относительно которыхъ одни думали, что они живутъ на днѣ, а другіе—что на поверхности, предполагая, что только по отмираніи ихъ остатки падаютъ на дно. Второе предположеніе оказалось впослѣдствіе вѣрнымъ.

Изученіе характера и географическаго распространенія грунтовъ дна океановъ стало возможнымъ только послѣ экспедиціи *Challenger'a*, собравшей образцы съ 354 своихъ станцій въ разныхъ частяхъ океановъ. Присоединивъ къ этому другіе матеріалы, оказалось возможнымъ

выяснить характеръ грунтовъ и ихъ географическое распредѣленіе. Эту работу выполнили сэръ Дж. Мёррей и Ренаръ, а послѣдующія изслѣдованія только дополняли труды первыхъ авторовъ.

Характеръ грунтовъ дна океановъ по Мёррею и Ренару.— Изученіе образцовъ грунтовъ дна, микроскопическое и химическое, привело къ выводу, что по своему составу грунты раздѣляются на: *неорганическіе* и *органическіе*, въ первыхъ находится около 80—90% обломковъ разныхъ горныхъ породъ, слагающихъ земную кору; а во вторыхъ около 70—80% и болѣе остатковъ разныхъ мельчайшихъ организмовъ, живущихъ въ морской водѣ.

Неорганическія отложенія есть результатъ накопленія отложеній продуктовъ разрушенія береговъ континентовъ и острововъ; разрушеніе горныхъ породъ, образующихъ берега, происходитъ отъ разныхъ причинъ, напримѣръ, вслѣдствіе суточныхъ и годовыхъ колебаній температуры, дѣятельности стекающихъ водъ, разрушенія береговъ прибоемъ и разноса всего этого матеріала разрушенія вдоль береговой полосы приливо-отливными и мѣстными теченіями. При этомъ болѣе крупный матеріалъ отлагается у самаго берега, а далѣе въ море относятся все болѣе и болѣе мелкія частицы, и потому съ удаленіемъ отъ берега грунтъ дна состоитъ сперва изъ гальки, потомъ идетъ крупный песокъ, потомъ болѣе мелкій песокъ, постепенно переходящій въ илъ все болѣе и болѣе тонкаго состава, и наконецъ на нѣкоторомъ разстояніи отложеніе матеріаловъ разрушенія береговъ и выносовъ большихъ рѣкъ прекращается вовсе, если не имѣется какихъ-либо особыхъ условій, способствующихъ переносу этихъ отложеній на большія разстоянія отъ береговъ.

Составъ неорганическихъ отложеній въ значительной мѣрѣ зависитъ отъ состава тѣхъ горныхъ породъ, изъ которыхъ сложены берега; чѣмъ дальше отъ берега, тѣмъ неорганическія отложенія однообразнѣе по составу. Въ нихъ, конечно, встрѣчаются и органическіе остатки животныхъ, какъ существовавшихъ на поверхности дна, такъ и въ толщѣ водъ до поверхности океана; но эти органическіе остатки встрѣчаются въ небольшихъ количествахъ и не характеризуютъ состава грунта.

Органическія отложенія, напротивъ, составлены главнымъ образомъ изъ скопленій остатковъ мельчайшихъ организмовъ, главнымъ образомъ живущихъ на поверхности и въ приповерхностныхъ слояхъ океановъ, гдѣ они образуютъ такъ называемый «планктонъ», составленный какъ

изъ животныхъ, такъ и изъ мельчайшихъ водорослей. Планктонъ служитъ пищею другимъ животнымъ, а отмирая, онъ даетъ остатки, состоящіе изъ раковинокъ, скелетиковъ, панцырей и покрововъ, главнымъ образомъ или известковаго, или кремнистаго состава. Падая медленно на дно океановъ въ видѣ постоянно идущаго дождя, эти остатки на днѣ образуютъ отложенія, къ которымъ примѣшиваются и неорганическія частицы, появляющіяся на днѣ, какъ результатъ паденія пыли съ континентовъ, занесенной вѣтрами на поверхность океановъ, часто очень далеко отъ береговъ, или какъ продукты изверженій надводныхъ и подводныхъ вулкановъ и наконецъ частицы космической пыли. Всѣ эти матеріалы перерабатываются до нѣкоторой степени морскою водою и даютъ отложенія разнаго характера, въ которыхъ органическіе остатки являются преобладающими.

Смотря по тому, какого рода органическіе остатки преобладаютъ въ грунтѣ, послѣдній получаетъ свое названіе отъ организмовъ, доставившихъ этотъ преобладающій матеріалъ.

Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ на днѣ океановъ преобладаютъ известковыя отложенія, обусловленныя скопленіями остатковъ планктона, гдѣ преобладали животныя изъ рода фораминиферъ, а такъ какъ среди нихъ особенно много встрѣчается разнаго рода глобигеринидъ, то и илъ называется *глобигериновымъ*.

Въ другихъ мѣстахъ встрѣчаются скопленія остатковъ кремнистыхъ организмовъ. Если эти остатки происходятъ отъ мельчайшихъ и микроскопическихъ животныхъ радіолярій, то илъ называется *радіоляріевымъ*.

Если же отложенія образованы главнымъ образомъ скопленіемъ остатковъ скелетиковъ діатомовыхъ водорослей, то и илъ называется *діатомовымъ*.

Кромѣ указанныхъ выше отложеній, на большихъ глубинахъ океановъ встрѣчается еще одинъ родъ грунта, очень характерный, который впервые былъ поднятъ на *Challenger'ѣ* съ глубинъ болѣе 5.700 м. (3.150 м. с.), когда онъ въ 1873 г. пересѣкалъ Антлантическій океанъ отъ Канарскихъ къ Антильскимъ о-вамъ.

Грунтъ оказался состоящимъ изъ очень тонкаго ила темно-шоколаднаго цвѣта, имѣвшаго по виду полное сходство съ глиною. Въ сухомъ видѣ образецъ грунта давалъ очень тонкій порошокъ, спрессовывавшійся въ очень плотную массу безъ всякаго присутствія даже слѣдовъ какого-либо органическаго вещества. Въ нѣкоторыхъ образчикахъ попа-

дались изрѣдка наиболѣе твердыя косточки скелетовъ морскихъ животныхъ, напр., зубы акулъ, даже очень древнихъ періодовъ существованія земли, или слуховыя косточки китовъ, кусочки вулканическаго стекла, пемзы и разныя другія, очевидно, извнѣ занесенныя и потомъ упавшія на дно частицы. Среди этого ила совершенно отсутствуютъ остатки известковыхъ организмовъ, столь обильныхъ на поверхности океановъ въ предѣлахъ умѣренныхъ и тропической полосъ, и только изрѣдка встрѣчается въ нѣкоторыхъ мѣстахъ небольшое количество остатковъ кремнистыхъ органовъ.

Мёррей далъ этому грунту названіе—*красная глина*, сохранившееся за нимъ навсегда. Въ разныхъ частяхъ океановъ цвѣтъ его немного мѣняется отъ свѣтло-шоколаднаго до темнаго въ зависимости отъ примѣси марганца или перекиси желѣза.

Происхожденіе красной глины и до сихъ поръ не выяснено. Мёррей предполагаетъ, что красная глина есть результатъ разложенія разныхъ продуктовъ вулканическихъ изверженій, случающихся и на глубинахъ океановъ и на ихъ поверхности. Къ этому надо добавить и продукты разложенія известковыхъ остатковъ, падающихъ на дно океановъ во многихъ мѣстахъ и тѣмъ не менѣе однако не встрѣчающихся вовсе на очень большихъ глубинахъ.

Такимъ образомъ по составу своему грунты дна океановъ раздѣляются на:

1) неорганическіе (прибрежные);
2) органическіе (вдали отъ береговъ, пелагическіе);
3) красную глину (на большихъ глубинахъ).

Географическое распредѣленіе грунтовъ по дну океановъ и морей.—Географическое распредѣленіе различныхъ грунтовъ по дну океана зависитъ отъ двухъ причинъ: удаленія отъ береговъ и глубины.

Согласно этому, всѣ грунты раздѣляются на:

1) прибрежные . . . . . (25% ложа Мірового океана)
и 2) пелагическіе, т.-е. лежащіе
вдали отъ береговъ . . . (75% ложа Мірового океана).

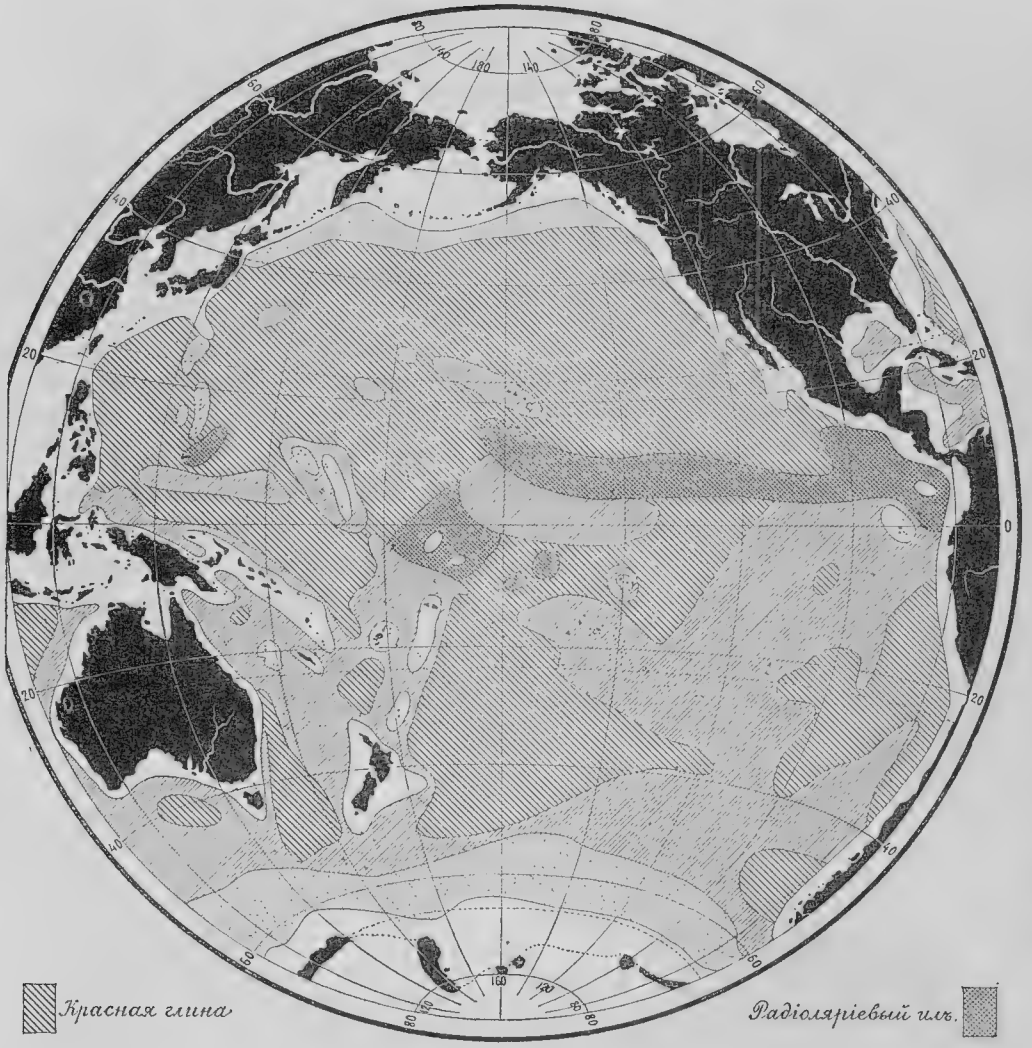
Послѣдніе, въ свою очередь, бываютъ:

а) глобигериновые (30 % ложа Мір. ок.)
б) діатомовые (6 % ложа Мір. ок.)
в) радіоляріевые (3 % ложа Мір. ок.)
и д) красная глина (36 % ложа Мір. ок.)

Фиг. 25. Географическое распредѣленіе

Географическое распредѣленіе грунтовъ видно на прилагаемой картѣ (фиг. 25).

Прибрежныя отложенія занимаютъ всю материковую отмель и материковый склонъ, мѣстами удаляясь отъ берега до 600 кил. (около 350 морск. м.), а въ полярныхъ бассейнахъ и на ихъ окраинахъ эти отложенія покрываютъ все дно океановъ. Всѣ моря по характеру грунта



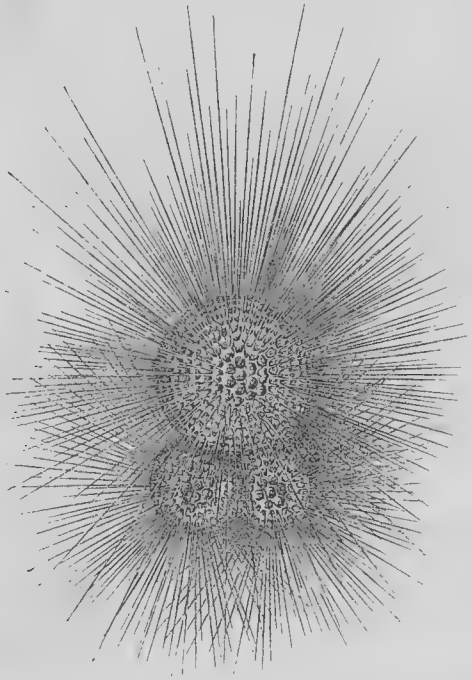
грунтовъ дна океана.

своего дна принадлежатъ къ области прибрежныхъ отложеній, окружающихъ каждый островокъ, лежащій посреди океана. Отлагаясь на материковомъ склонѣ, прибрежные грунты спускаются до глубинъ въ 3.000 м. (1.640 м. с.).

Въ тѣхъ частяхъ океановъ, гдѣ на поверхности встрѣчаются плавучіе льды, т.-е. въ полярныхъ бассейнахъ и прилегающихъ къ нимъ,

грунтъ дна состоитъ изъ прибрежныхъ отложеній, разнесенныхъ льдами. Когда послѣдніе становятся на мель, то грунтъ примерзаетъ къ нимъ, и потомъ, когда ихъ вѣтромъ или давленіемъ другихъ льдовъ столкнетъ на болѣе глубокую воду, то они уносятъ съ собою цѣлые слои грунта. Впослѣдствіи, при столкновеніяхъ съ другими льдинами и при изломахъ ихъ вдали отъ береговъ, при растаиваніи, кусочки примерзшаго грунта отламываются и падаютъ на дно; такимъ путемъ въ теченіе длиннаго періода времени прибрежныя отложенія покрыли все ложе полярныхъ бассейновъ и прилегающихъ къ нимъ частей океановъ, что и видно на картѣ (фиг. 25).

Пелагическія отложенія.—*Глобигериновый илъ* находится только въ тѣхъ частяхъ океановъ, гдѣ на поверхности температура воды достаточно высока для жизни фораминиферъ, и гдѣ глубина не очень велика, потому что на глубинахъ больше 4.500 м. (2.500 м. с.) известковыя скорлупки растворяются морскою водою.

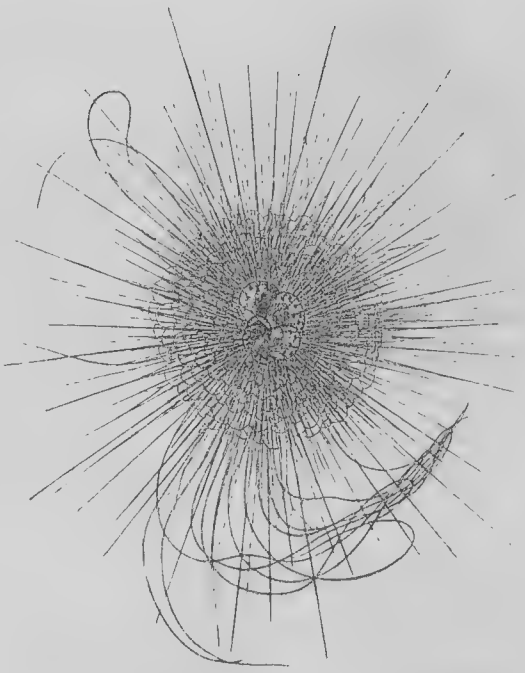


Фиг. 26. Globigerinida bulloides съ поверхности (увеличено въ 75 разъ).

Цѣлый рядъ мельчайшихъ животныхъ—фораминиферъ, и изъ нихъ въ особенности глобигеринидъ, существуетъ на поверхности и въ приповерхностныхъ слояхъ океановъ. На помѣщенныхъ здѣсь чертежахъ (фиг. 26 и 27) изображены подобныя глобигеринины. Центральные шарики суть тонкія известковыя скорлупки, внутри и вокругъ которыхъ расположено тѣло животныхъ. Тонкія нити, расходящіяся во всѣ стороны отъ скорлупокъ, суть известковыя нити, которыя по отмираніи животнаго растворяются морскою водою, и на дно падаютъ уже однѣ только скорлупки, изображенныя на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 28). Скопленія скорлупокъ глобигеринидъ даютъ илъ палеваго и розоватаго цвѣта.

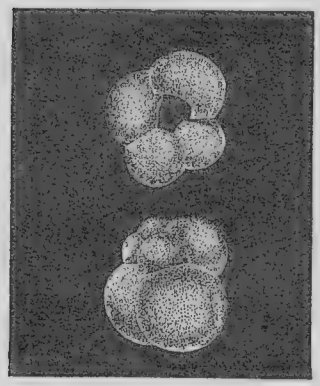
На чертежѣ видны скорлупки фораминиферъ (фиг. 29), въ томъ видѣ, какъ онѣ находятся въ глобигериновомъ илѣ.

Глобигериновый илъ встрѣчается главнымъ образомъ въ Атлантическомъ океанѣ и въ тѣхъ частяхъ Тихаго и Индійскаго, гдѣ глубины не очень велики; самая полярная область, гдѣ встрѣчается этотъ илъ, лежитъ между Исландіей и Норвегіей, потому что тутъ на поверхности проходитъ вѣтвь Гольфстрима.

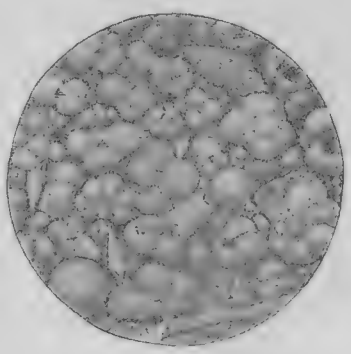


Фиг. 27. Hastingerina pelagica съ поверхности (увеличена въ 7 разъ).

Діатомовый илъ состоитъ изъ скопленій остатковъ кремнистыхъ скелетиковъ діатомовыхъ водорослей. Онъ встрѣчается въ тѣхъ мѣстахъ ложа океана, гдѣ эти водоросли особенно сильно развиты въ приповерхностныхъ и поверхностныхъ слояхъ, т.-е. вдоль окраинъ антарктической области (см. карту фиг. 25) около 60° ю. ш., а также вдоль южныхъ береговъ Алеутскаго архипелага въ Тихомъ океанѣ. Діатомовый илъ находится большею частью на глубинахъ отъ 1.000 до 3.500 м., но часто и глубже до 6.000 м. (550—



Фиг. 28. Скорлупки глобигеринидъ изъ грунта (увеличены).



Фиг. 29. Глобигериновый илъ. Индійскій океанъ. 4° 31′ ю. ш.—73° 20′ E. g. 2520 м.—увеличено въ 15 разъ.

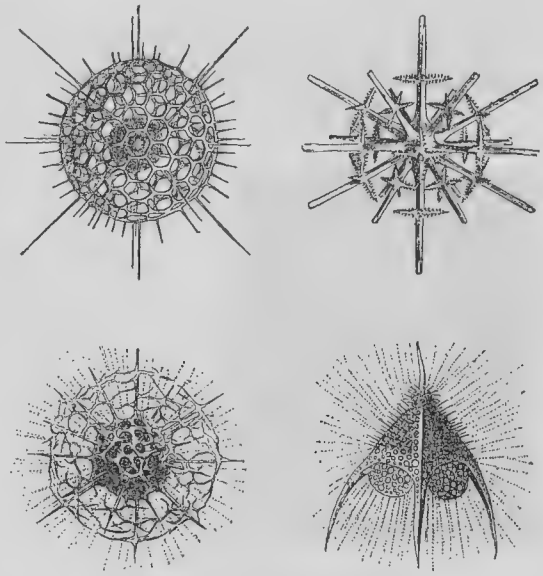
Фиг. 30. Діатомовый илъ.
Индійскій океанъ.
54° 54′ ю. ш.—22° 13′ E. g.
4040 м.—увеличено въ 180 разъ.

1.900 — 3.280 м. с.). Цвѣтъ его соломенно-желтый. На чертежѣ (фиг. 30) данъ образчикъ діатомоваго ила, поднятаго экспедиціей на *Valdivia* въ Индійскомъ океанѣ на границѣ плавучихъ антарктическихъ льдовъ съ глубины 4.040 м. (2.210 м. с.).

Радіоляріевый илъ есть скопленіе мельчайшихъ кремнистыхъ скелетиковъ животныхъ—радіолярій, чрезвычайно разнообразныхъ по виду, отличающихся весьма незначительными размѣрами и красотою и изяществомъ своихъ формъ, что̀ хорошо видно на рисункѣ (фиг. 31), гдѣ изображено нѣсколько скелетиковъ радіолярій, очень сильно увеличенныхъ. На чертежѣ дано (фиг. 32) изображеніе образчика радіоляріеваго ила, очень значительно увеличеннаго. Этотъ образецъ радіоляріеваго ила поднятъ экспедиціей на *Valdivia* въ тропической полосѣ Индійскаго океана съ глубины 5.070 м. (2.770 м. с).

Радіоляріевый илъ находится на большихъ глубинахъ отъ 4.000—8.000 м. (2.200 — 4.400 м. с.) и составляетъ, въ сущности, переходную форму грунта къ красной глинѣ. Если въ данномъ грунтѣ количество кремнистыхъ остатковъ радіолярій становится очень значительнымъ, и они въ немъ преобладаютъ, то тогда илъ и называется радіоляріевымъ. Цвѣтъ его красноватый, коричневый или изрѣдка желтоватый.

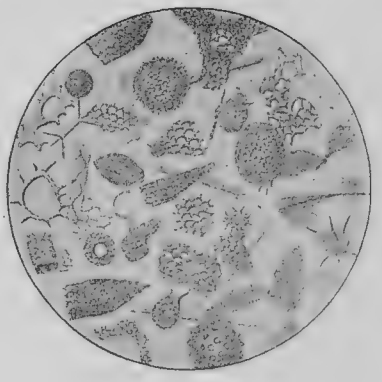
Скелетики радіолярій, падая на дно, тоже претер-



Фиг. 31. Радіоляріи (сильно увеличены).

пѣваютъ нѣкоторое разложеніе водою глубинъ, и потому въ образцахъ радіоляріеваго грунта они всегда болѣе или менѣе измѣнены.

Географическое распредѣленіе радіоляріеваго ила очень невелико; онъ находится на днѣ океановъ только тамъ, гдѣ на поверхности имѣются благопріятныя условія для развитія этого рода планктонныхъ животныхъ, что встрѣчается только въ Тихомъ и Индійскомъ океанахъ, въ тропической области, а въ Атлантическомъ его нѣтъ вовсе (см. карту фиг. 25).



Фиг. 32. Радіоляріевый илъ. Индійскій океанъ. 4° 45′ ю. ш.—48° 59′ E. g. 5070 м.—увеличено въ 180 разъ.

Красная глина встрѣчается только на значительныхъ глубинахъ, начиная попадаться съ глубинъ около 4.000 м. (2.200 м. с.) въ видѣ примѣси къ другимъ глубоководнымъ грунтамъ. Дно глубокихъ мѣстъ океана ниже 5.000 м. (2.700 м. с.) сплошь выложено этимъ грунтомъ.

Какъ видно на картѣ (фиг. 25), красная глина занимаетъ обширныя пространства дна въ Тихомъ океанѣ, и меньшія въ Индійскомъ и Атлантическомъ, потому что послѣдніе менѣе глубоки.

Соотношеніе между отложеніями на днѣ океановъ и осадочными породами твердой земной коры. — Около 70% поверхности суши сложено изъ такъ называемыхъ осадочныхъ породъ. Это разнаго рода песчаники, известняки и другія породы, сцементованныя какимъ-либо веществомъ. Какъ показываетъ самое названіе, осадочныя породы образовались процессомъ осажденія и главнымъ образомъ осажденіемъ въ водныхъ бассейнахъ (осадочныя породы могли образовываться и на сушѣ путемъ накопленій ледниковыхъ, эоловыхъ и др. отложеній). Очевидно, что отложенія, образующіяся въ настоящее время на материковыхъ склонахъ, т.-е., какъ выше указано, отложенія прибрежныя, именно и представляютъ тотъ матеріалъ, изъ котораго въ будущемъ получатся осадочныя породы. При постепенныхъ измѣненіяхъ рельефа земной коры, наблюдаемыхъ и теперь и случавшихся всегда и въ предшествовавшіе періоды существованія земного шара, части материковой отмели и материковаго склона могутъ подняться выше уровня океана и стать сушею. Очевидно, многія осадочныя породы, встрѣчаемыя теперь

на поверхности и на нѣкоторыхъ глубинахъ на сушѣ (находятся при буреніи, прокладкѣ шахтъ и др. горныхъ работахъ), образовались такимъ же образомъ.

Однако среди извѣстныхъ осадочныхъ породъ пока не найдено еще отложеній, похожихъ на красную глину. Да и вообще осадочныя породы воднаго происхожденія, встрѣчаемыя на сушѣ, по большей части, принадлежатъ къ образовавшимся въ свое время на материковой отмели и материковомъ склонѣ.

Относительная древность океаническихъ впадинъ. — Изученіе строенія земной коры какъ съ точки зрѣнія ея рельефа, такъ и съ точки зрѣнія распредѣленія горныхъ породъ, ее слагающихъ, и ихъ происхожденія, а также и съ другихъ точекъ зрѣнія, приводитъ къ заключенію, что главныя неровности рельефа земной коры (здѣсь подразумѣвается вся совокупность земной коры, какъ суша, такъ и дно океановъ) произошли въ весьма отдаленныя времена существованія земного шара. При этомъ наиболѣе пониженныя части земной коры тогда же образовали дно первичнаго океана. Выразить числомъ лѣтъ, насколько давно эти явленія произошли, наука въ настоящее время не можетъ; но возможно высказать предположеніе объ относительной древности трехъ большихъ океановъ.

По времени своего образованія первымъ, повидимому, былъ Тихій океанъ, затѣмъ Индійскій и наконецъ Атлантическій. Въ послѣднемъ южная его часть образовалась ранѣе, нежели пространство его, лежащее между Европою и Америкой. Другою, очень древнею частью Мірового океана является вся притропическая полоса Атлантическаго океана, заключающая теперь Американскія и Европейскія средиземныя моря. Она существовала, повидимому, съ весьма отдаленныхъ временъ, гораздо раньше, нежели сѣверная и даже южная части Атлантическаго океана. Эта полоса Мірового океана протягивалась отъ береговъ современнаго Атлантическаго далѣе къ востоку, отдѣляя Азію отъ полуострова Индостана, соединялась съ Зондскими морями и наконецъ терялась въ Тихомъ океанѣ *).

Отсутствіе среди извѣстныхъ намъ осадочныхъ породъ, встрѣчаемыхъ на сушѣ, отложеній красной глины не можетъ еще служить основаніемъ для предположенія, что тѣ части дна океановъ, гдѣ теперь находится красная глина, никогда не были выше уровня океана, потому что намъ неизвѣстны условія, при наличіи которыхъ образуется красная глина.

---

*) Въ геологіи эта часть древняго Мірового океана называется „Тэтисъ“.

ГЛАВА V.

Составъ и соленость водъ океановъ и морей.

Вода въ природѣ вообще. — Морская вода, ея составъ и его опредѣленіе.—Понятіе о солености, удѣльномъ вѣсѣ и плотности морской воды.— Способы и приборы для собиранія и храненія образцовъ морской воды.— Способы опредѣленія солености морской воды.—Опредѣленіе солености морской воды по ея удѣльному вѣсу.—Физико-географическія причины, управляющія распредѣленіемъ солености по поверхности океановъ и морей.—Географическое распредѣленіе солености по поверхности океановъ и морей. — Географическое распредѣленіе плотности морской воды по поверхности океановъ. — Сжимаемость воды и давленіе на глубинахъ.—Распредѣленіе солености и плотности на глубинахъ океановъ и морей.—Газы, находящіеся въ морской водѣ. — Распредѣленіе газовъ, поглощенныхъ водою, на поверхности и на глубинахъ въ океанахъ и моряхъ.—Происхожденіе солей въ океанахъ.

Вода въ природѣ вообще.—Вода въ чисто-химическомъ видѣ въ природѣ не встрѣчается, даже наиболѣе чистыя воды, дождевыя или снѣговыя, всегда содержатъ нѣкоторыя примѣси, поглощенныя ими изъ воздуха. Текучая вода всегда имѣетъ въ растворѣ уже замѣтное количество какого-либо вещества, смотря по составу горныхъ породъ, по которымъ она протекала или сквозь которыя она просачивалась до выхода на поверхность земли. Поэтому всѣ прѣсныя воды имѣютъ въ своемъ составѣ различныя примѣси, иногда ясно ощущаемыя на вкусъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ минерализація водъ источниковъ бываетъ очень значительна.

Вода представляетъ чрезвычайно распространенный элементъ на земной поверхности и даже вообще въ твердой корѣ земного шара, гдѣ она встрѣчается и въ свободномъ состояніи въ верхнихъ слояхъ, и въ связанномъ состояніи въ видѣ составной части различныхъ горныхъ породъ. Огромное выдѣленіе водяныхъ паровъ при вулканическихъ изверженіяхъ заставляетъ предполагать, что и на значительной глубинѣ въ земной корѣ имѣется вода въ какомъ-либо состояніи.

Такъ какъ на земномъ шарѣ вода въ жидкомъ состояніи въ видѣ океановъ и морей занимаетъ 71% ея поверхности, и, кромѣ того, существуютъ еще довольно значительныя водныя массы на сушѣ въ видѣ озеръ и рѣкъ,—то въ общемъ вода занимаетъ на поверхности земного шара преобладающее положеніе, о чемъ люди, живущіе на сушѣ, часто невидавшіе не только океана, но и моря, не всегда имѣютъ правильное представленіе.

Кромѣ того также очень важна способность воды, при тѣхъ колебаніяхъ температуръ, какія бываютъ на поверхности земли, принимать

три состоянія, совершенно различныхъ по своему физическому значенію: газообразное, жидкое и твердое. При этомъ вода, при переходахъ изъ одного состоянія въ другое, то поглощаетъ, то освобождаетъ большія количества тепла. Все это вмѣстѣ придаетъ водѣ огромное значеніе, какъ физико-географическому элементу.

Морская вода, ея составъ и его опредѣленіе. — Вода, находящаяся въ океанахъ и моряхъ, содержитъ въ растворѣ всегда нѣкоторое количество веществъ, и, несмотря на то, что этихъ тѣлъ немного сравнительно съ массою воды, они тѣмъ не менѣе измѣняютъ ея химическія и физическія свойства настолько, что она перестаетъ, въ сущности, быть водою, а становится воднымъ растворомъ различныхъ солей, который мы и называемъ, въ отличіе отъ прѣсной воды, морскою водою.

Составъ морской воды можетъ быть опредѣленъ только послѣ ея изученія помощью химическаго анализа качественнаго и количественнаго. Такое изслѣдованіе большого количества образцовъ, взятыхъ изъ разныхъ мѣстъ на поверхности океановъ, впервые было сдѣлано датскимъ химикомъ Форшхаммеромъ въ 60-хъ годахъ XIX ст.

Затѣмъ подобную же работу, но въ большемъ размѣрѣ и болѣе современными пріемами, выполнилъ въ 1878—82 гг. англійскій химикъ Дитмаръ, обработавшій 77 образцовъ морской воды, собранной на *Challenger'ѣ* въ разныхъ океанахъ и съ различныхъ глубинъ. Оба эти изслѣдованія, а также и другія подобныя работы привели къ слѣдующему *основному* выводу, а именно: *вдали отъ береговъ вездѣ въ Міровомъ океанѣ составъ воды одинаковъ* *). Въ разныхъ мѣстахъ океановъ измѣняется общее количество веществъ, находящихся въ растворѣ въ морской водѣ, но составъ ихъ остается неизмѣннымъ, т.-е. при измѣненіи общаго содержанія солей въ морской водѣ, это происходитъ не на счетъ какихъ-либо тѣхъ или другихъ составныхъ частей, а пропорціонально уменьшаются или увеличиваются всѣ соли, входящія въ растворъ. Вблизи береговъ или въ моряхъ составъ воды можетъ быть нѣсколько инымъ, вслѣдствіе вліянія мѣстныхъ причинъ. Такое однообразіе состава морской воды показываетъ, что естественное перемѣшиваніе воды въ океанѣ происходитъ весьма совершеннымъ образомъ. Это явленіе имѣетъ полную аналогію съ однообразіемъ состава атмосферы, наблюдаемымъ въ ея нижнихъ слояхъ, и вслѣдствіе столь же хорошаго перемѣшиванія ея вѣтрами.

*) По крайней мѣрѣ въ предѣлахъ точности современныхъ опредѣленій состава морской воды.

Изслѣдованія пóказали, что изъ числа всѣхъ химическихъ элементовъ 32 встрѣчаются въ морской водѣ. Конечно, многіе изъ нихъ въ весьма малыхъ количествахъ. Вотъ главнѣйшія составныя части морской воды согласно опредѣленію Дитмара на основаніи анализовъ образцовъ воды трехъ океановъ, собранныхъ экспедиціей на *Challenger'ѣ:*

Составъ воды.	На 1.000 гр. воды.	Въ % всего колич. солей.	
Хлористый натръ — Na Cl (новар. соль) .	27,2	77,8	хлористыя соединенія.
Хлористый магній — Mg Cl_2	3,8	10,9	
Сѣрнокислый магній — Mg SO_4	1,7	4,7	сульфаты.
Сѣрнокислый кальцій — Ca SO_4	1,2	3,6	
Сѣрнокислый калій — K_2 SO_4	0,9	2,5	
Углекислый кальцій — Ca CO_3	0,1	0,3	— карбонаты.
Бромистый магній — Mg Br_2	0,1	0,2	
	35,0	100,0	

Изъ таблицы видно, какое большое количество хлористыхъ соединеній находится въ морской водѣ; сульфатовъ уже немного, а карбонатовъ еще меньше. Многія вещества, входящія въ составъ воды океановъ, заключаются тамъ въ такихъ малыхъ количествахъ, что даже и не включены въ таблицу. Наконецъ есть вещества, находимыя только косвеннымъ путемъ, напр., іодъ—въ водорослях, мѣдь, флуоръ, серебро—въ коралловыхъ известнякахъ, фосфоръ—въ губкахъ и т. п.

Міровой океанъ постоянно принимаетъ большое количество прѣсной воды, стекающей въ него береговыми потоками и рѣками. Приблизительно отъ 30.000 до 40.000 куб. кил. прѣсной воды такимъ путемъ доставляется ежегодно въ океанъ; предварительно протекая по сушѣ, вся эта масса прѣсной воды растворяетъ понемногу въ себѣ многія вещества, выщелачивая поверхность, по которой она течетъ. Поэтому прѣсныя воды всегда содержатъ тоже нѣкоторое количество веществъ въ растворѣ; если сравнить составъ воды океановъ и прѣсной воды, несомой рѣками, то получится слѣдующая таблица:

	Вода океановъ.	Рѣчная вода.
Хлориды	88,7%	5,2%
Сульфаты	10,8%	9,9%
Карбонаты	0,3%	60,1%
Прочія вещества	0,2%	24,8%
	100,0	100,0

Хлористыя соединенія, преобладающія въ водѣ океановъ, встрѣчаются въ рѣчной водѣ въ очень маломъ количествѣ, въ которой обратно преобладаютъ карбонаты, почти отсутствующіе въ морской водѣ. Отсюда видно, что соли, преобладающія въ водѣ океановъ, не вносятся въ нее рѣками, а, очевидно, иного происхожденія.

Большое количество карбонатовъ, вносимыхъ рѣчными водами въ океанъ, не накопляется тамъ, такъ какъ, повидимому, расходуется морскими организмами, которые используютъ ихъ на созиданіе скелетовъ, раковинъ, покрововъ и неподвижныхъ построекъ (коралловые: рифы, острова, берега). По отмираніи организмовъ, какъ видно было изъ разбора отложеній грунта дна океановъ, эти карбонаты образуютъ тамъ новые пласты отложеній.

Анализы состава океанической воды, собранной изъ разныхъ мѣстъ, были повторены въ послѣдніе годы въ «Международной лабораторіи по изученію моря» въ Копенгагенѣ М. Кнудсеномъ; они подтвердили высказанное выше положеніе о постоянствѣ и одинаковости состава морской воды въ предѣлахъ точности опредѣленія и вмѣстѣ съ тѣмъ ясно показали существованіе правильной зависимости между содержаніемъ въ морской водѣ *хлора*, ея *удѣльнымъ вѣсомъ* и ея *соленостью* (см. далѣе стр. 77).

Химическій анализъ какого-либо вещества требуетъ тщательнаго взвѣшиванія и другихъ тонкихъ наблюденій, которыя невозможно производить на кораблѣ, хотя бы и немного, но постоянно дрожащемъ, и гдѣ трудно держать какое-либо помѣщеніе при постоянной температурѣ. Поэтому опредѣленіе *состава* морской воды приходится производить всегда на берегу, въ лабораторіяхъ, и для этого привозить образцы воды изъ плаванія.

Понятіе о солености, удѣльномъ вѣсѣ и плотности морской воды. — Опредѣленіе состава морской воды, возможное только путемъ производства химическаго анализа, при томъ большомъ количествѣ веществъ, какія входятъ въ составъ воды океановъ, есть дѣло трудное и требующее большого количества времени и на суднѣ невыполнимое. Между тѣмъ для многихъ вопросовъ океанографіи и метеорологіи важно и достаточно знать общее количество солей, растворенныхъ въ водѣ океановъ, не расчленяя его на отдѣльныя составныя части. Какъ далѣе будетъ видно, такая задача гораздо легче (см. стр. 77), и для ея рѣшенія существуетъ нѣсколько способовъ.

Общее количество солей, находящихся въ растворѣ въ морской

водѣ, выраженное въ доляхъ на 1.000 частей морской воды *по вѣсу,* называется ея *соленостью.*

Такимъ образомъ, въ выше помѣщенной таблицѣ Дитмара общее число солей на 1.000 граммъ морской воды было найдено равнымъ **35,0;** это и есть *средняя соленость океановъ* вдали отъ береговъ. Такъ какъ соленость опредѣляется на 1.000 частей, а не на 100, то она обыкновенно выражается такъ: 35,0‰ — средняя соленость Мірового океана. Въ настоящее время принято соленость обозначать прописною буквою S‰; въ этомъ курсѣ она такъ вездѣ и обозначена.

Удѣльнымъ вѣсомъ морской воды называется отношеніе вѣса единицы объема ея при какой-либо температурѣ $t°$ къ вѣсу единицы объема дистиллированной воды при какой-нибудь температурѣ t'. Въ океанографіи принято эти обѣ температуры $t°$ и t' приправнивать къ 17°,5 (потому что 17°,5 Ц. = 14°,0 Р. есть обыкновенная температура тѣхъ помѣщеній, гдѣ опредѣляютъ удѣльные вѣса; чѣмъ меньше будетъ отличаться эта температура отъ принятой за норму, тѣмъ меньше будутъ и поправки на температуру, а слѣдовательно тѣмъ точнѣе будутъ выводы). Въ прежнее время удѣльный вѣсъ условно обозначали буквою S (poid spécifique, specific gravity) и тогда для выраженія вышеуказаннаго отношенія обозначали его такъ:

$$\text{удѣльный вѣсъ даннаго образца} — S\frac{17°,5}{17°,5} = 1,02752$$

Въ настоящее время, по предложенію М. Кнудсена, для сокращенія письма, мѣста въ таблицахъ и вычисленій отбрасываютъ 1,0 , а запятую переносятъ еще черезъ двѣ цифры направо, т.-е. пишутъ такъ:

$$\left(S\frac{17°,5}{17°,5} - 1\right) 1000 = \rho_{17°,5} = 27,52$$

Плотностью морской воды въ океанографіи называютъ удѣльный вѣсъ воды при той температурѣ, какую она имѣла въ природѣ (на своемъ мѣстѣ, какъ выражаются — in situ), отнесенный къ дистиллированной водѣ при температурѣ ея наибольшей плотности 4°. Прежде плотность выражали такъ:

$$S\,{}^{t°}_{4°}$$

теперь же по предложенію того же М. Кнудсена и въ его океанографическихъ таблицахъ, составленныхъ по распоряженію «Международнаго совѣта для изученія моря», и вообще въ трудахъ по океанографіи

принято для сокращенія отбрасывать единицу цѣлыхъ и переносить запятую на двѣ цифры направо, т.-е., иначе говоря, выражаютъ такъ:

$$\text{плотность} = \left(S\frac{t^\circ}{4^\circ} - 1\right) 1000 = \sigma_t = 24{,}62$$

Иногда удѣльный вѣсъ морской воды берутъ при 0° и относятъ его къ дистиллированной водѣ при 4°; такое условіе обозначаютъ такъ:

$$\left(S\frac{0^\circ}{4^\circ} - 1\right) 1000 = \sigma_0$$

$$\text{напримѣръ } (1{,}01452 - 1)\ 1000 = \sigma_0 = 14{,}52$$

Въ настоящемъ курсѣ вездѣ введены обозначенія:

солености	черезъ	$S\,{}^0/_{00}$
удѣльнаго вѣса	»	$\rho_{17^\circ,5}$
плотности	»	σ_t
удѣльнаго вѣса при 0°	»	σ_0

Способы и приборы для собиранія и храненія образцовъ морской воды.—Когда требуется изслѣдовать воду съ поверхности океана или моря, то для доставанія ея достаточно пользоваться чистымъ металлическимъ ведромъ, которое уже и должно служить только для этой цѣли. Послѣ каждаго раза пользованія имъ, ведро это необходимо хорошо споласкивать прѣсною водою (лучше не пользоваться парусинными ведрами, въ которыя легко впитывается соль при высыханіи). Чтобы доставаемая вода дѣйствительно соотвѣтствовала той, какая въ данномъ мѣстѣ встрѣчается на поверхности, необходимо всегда брать воду съ передней части корабля, стоитъ ли онъ на якорѣ или двигается; иначе въ ведро можетъ попасть вода или изъ машины (циркуляціонная), или изъ-подъ кормы, т.-е. не поверхностная.

Если требуется достать воду съ какой-нибудь глубины, тогда необходимо пользоваться особыми приборами, называемыми по-русски батометрами (на иностранныхъ языкахъ эти приборы называются иначе, по-французски — bouteille à eau; по нѣмецки — Wassershöpfapparat; по-англійски—water-bottle. Батометрами же на иностранныхъ языкахъ называются разные приборы, которыми можно опредѣлять глубины косвеннымъ путемъ, не измѣряя ихъ лотомъ). Системъ батометровъ очень много, и въ новѣйшихъ приборахъ для большихъ глубинъ обыкновенно тѣмъ или другимъ путемъ опредѣляется одновременно и температура слоя воды, изъ котораго достаютъ образецъ.

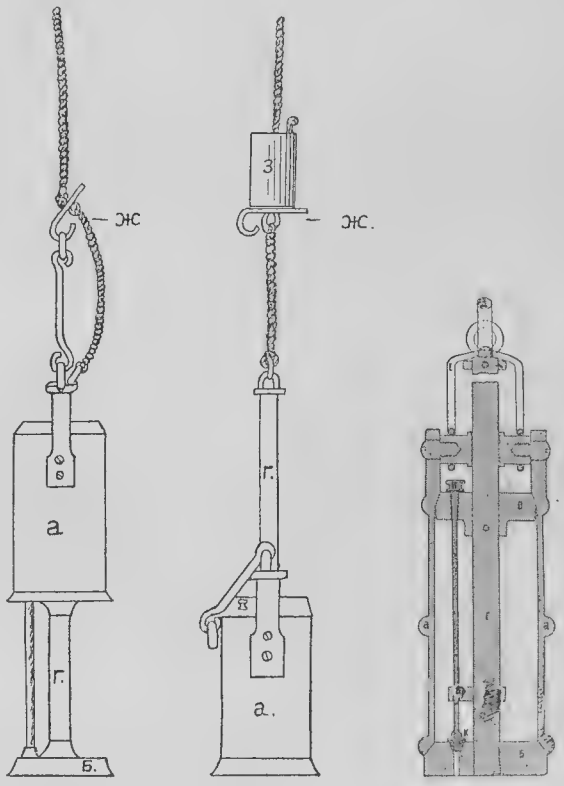
Главныя условія, которымъ долженъ удовлетворять всякій бато-

метръ, суть слѣдующія. Во-первыхъ, пока приборъ идетъ внизъ, вода, проходящая сквозь батометръ, не должна въ немъ задерживаться; во-вторыхъ—батометръ долженъ закрываться совершенно плотно, чтобы образецъ воды въ немъ не имѣлъ никакого сообщенія съ внѣшнею водою.

Иногда устраиваютъ самъ батометръ такимъ образомъ, чтобы вода въ немъ сохраняла ту температуру, какую она имѣла на той глубинѣ, съ которой ее подняли. Первый батометръ, удовлетворявшій послѣднему требованію, былъ придуманъ и построенъ физикомъ Э. Ленцомъ, впослѣдствіи членомъ русской Академіи Наукъ. Онъ служилъ Э. Ленцу въ плаваніи на шлюпѣ *Предпріятіе* подъ командою кап. 2 р. Коцебу въ 1821—23 гг. и далъ прекрасные результаты.

Изъ большого числа существующихъ батометровъ здѣсь описано три, употребляющіеся въ настоящее время и имѣющіе три разныхъ назначенія.

Для доставанія воды съ небольшихъ глубинъ (не болѣе 100—200 м.) служитъ батометръ, изображенный на чертежѣ (фиг. 33-а, 33-б, 33-в) въ трехъ видахъ; на лѣвомъ—въ томъ видѣ, какъ его опускаютъ; на среднемъ—послѣ того, какъ его закроютъ на желаемой глубинѣ, и наконецъ въ разрѣзѣ. Батометръ отлитъ изъ латуни и состоитъ изъ цилиндра *а* съ тремя кольцеобразными приливами для прочности (они показаны только на разрѣзѣ фиг. 33-в). Въ верхней части цилиндра *а* (см. разрѣзъ фиг. 33-в) имѣется перекладина со



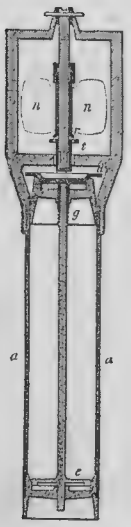
Фиг. 33-а. Фиг. 33-б. Фиг. 33-в.

Батометръ для малыхъ глубинъ.

сквознымъ отверстіемъ для пропуска центральнаго стержня *г*, къ которому снизу укрѣплено днище *б*; выше на томъ же стержнѣ *г* укрѣплено неподвижно верхнее дно *в*. Оба днища *б* и *в* обращены вверхъ отточенными конусами, плотно пригнанными къ такимъ же коническимъ поверхностямъ на внутренней части цилиндра *а* вверху и внизу его. Стержень *г* вверху оканчивается обоймою *е*, за которую берется крюкъ *ж* (фиг. 33-а и 33-б), надѣтый на линь и укрѣпленный на немъ въ опредѣленномъ мѣстѣ.

Чертежъ (фиг. 33-а) изображаетъ приборъ, приготовленный къ опусканію его въ воду. Цилиндръ *а* поднятъ и за свое кольцо подвѣшенъ къ крюку *ж*. При такомъ положеніи вода свободно омываетъ все пространство ниже днища *в*. Когда приборъ опустятъ на желаемую глубину (опускать надо медленно, чтобы не взболтать слоевъ воды), то даютъ ему пробыть тамъ минутъ пять, чтобы вода совершенно успокоилась, и затѣмъ посылаютъ по линю грузъ *з* (фиг. 33-б); онъ ударяетъ по крюку *ж*, поворачиваетъ его и тѣмъ самымъ отцѣпляетъ обойму *е* стержня *г*. Тогда тяжелый цилиндръ *а* падаетъ и своею тяжестью обезпечиваетъ плотное прикасаніе коническихъ поверхностей къ таковымъ же на обоихъ днищахъ.

Чтобы выпустить воду, пользуются винтомъ *и* со стержнемъ (фиг. 33-в), который открываетъ клапанъ *к*.



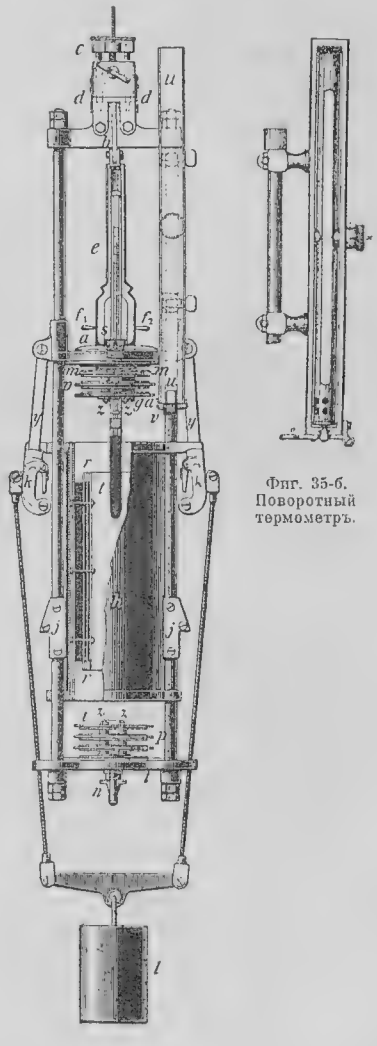
Фиг. 34. Батометръ Сигсби.

Для большихъ глубинъ употребляютъ другіе батометры, которые запираются плотнѣе. Для доставанія придонной воды обыкновенно служитъ какой-нибудь небольшой батометръ (емкостью отъ 0,5 л. до 1 литра), подвѣшенный надъ лотомъ. Подобный батометръ системы американскаго гидрографа Сигсби изображенъ на чертежѣ (фиг. 34). Цилиндрическое тѣло батометра *а—а* закрывается вверху и внизу двумя клапанами *d* и *e*, насаженными на стержень, который ихъ соединяетъ въ одно цѣлое. Небольшая спиральная пружина *g* удерживаетъ клапаны прижатыми къ отверстіямъ. Когда приборъ опускаютъ, то давленіемъ воды снизу открываются оба клапана *e* и *d*, и вода проходитъ насквозь. Когда лотъ коснется дна, пружина *g* закроетъ клапаны и вода, бывшая внутри, будетъ уединена отъ окружающей. При поднманіи батометра на качкѣ могло бы случиться, что клапаны и пріоткроются; для предупрежденія такой

случайности въ верхней части прибора есть винтъ n—n, лопасти котораго повернуты такимъ образомъ, что при спускѣ батометра ось винта вращеніемъ лопастей поднимается. Когда же начинаютъ поднимать батометръ, то ось винта n — n при его вращеніи въ обратную сторону опускается, и выступы его r нажимаютъ на стаканъ t, который надѣтъ на нижній конецъ винта n—n винтовою нарѣзкою; вращая стаканъ t, винтъ заставляетъ его опускаться, пока онъ не упрется въ верхній клапанъ d. Тогда, если бы случайно винтъ и поднялся, все же клапаны остаются плотно закрытыми.

Батометръ Спигсби можно употреблять и серіями, т.-е. на одномъ линѣ нѣсколько, одинъ надъ другимъ на разныхъ глубинахъ, и такимъ образомъ доставать сразу образцы воды съ разныхъ глубинъ.

Батометръ Петтерсона-Нансена представляетъ современное осуществленіе идеи Э. Ленца, только въ усовершенствованномъ съ технической стороны видѣ, хотя онъ и предложенъ былъ совершенно самостоятельно. На чертежѣ (фиг. 35-а) батометръ представленъ приготовленнымъ къ опусканію. Тѣло батометра состоитъ изъ пяти концентрическихъ цилиндровъ h и r (на чертежѣ часть цилиндровъ вырѣзана, чтобы было видно внутреннее устройство прибора). Внѣшній цилиндръ изъ латуни покрытъ снаружи целлулоидомъ, затѣмъ, нѣсколько отступя во внутрь, на особыхъ эбонитовыхъ прокладкахъ, къ нему концентрически укрѣпленъ второй цилиндръ изъ латуни такой же высоты, какъ и цилиндръ h. Затѣмъ на нѣсколько большемъ разстояніи во внутрь укрѣплена система изъ трехъ цилиндровъ r, внѣшній изъ нихъ целлулоидовый; потомъ на нѣ-



Фиг. 35-а Батометръ Петтерсона-Нансена.

Фиг. 35-б. Поворотный термометръ.

которомъ разстояніи концентрически установленъ латунный цилиндръ и наконецъ третій, самаго малаго діаметра, опять изъ целлулоида. Когда батометръ въ водѣ, то между всѣми этими цилиндрами находится вода, образующая тоже рядъ прослоекъ, плохо проводящихъ тепло. Вся система цилиндровъ помощью колецъ вверху ихъ и внизу скользитъ по двумъ цилиндрическимъ направляющимъ, которыя укрѣплены на винтахъ внизу въ днищѣ $i—i$, а вверху въ особой перекладинѣ. Цилиндры h подвѣшены на крючкахъ $y—y$ къ верхней крышкѣ $a—a$, въ свою очередь, висящей на оправѣ термометра e; а послѣдняя двумя крючками b удерживается за верхнюю перекладину.

Въ такомъ положеніи батометра вода при его опусканіи свободно проходитъ сквозь него и нисколько не застаивается.

Верхняя $a—a$ и нижняя $i—i$ крышки батометра устроены одинаково. Каждая состоитъ изъ трехъ гуттаперчевыхъ кружковъ p, укрѣпленныхъ между латунными дисками. Діаметръ гуттаперчевыхъ кружковъ равенъ внутреннему діаметру второго цилиндра, а вверху и внизу крышекъ положено еще по гуттаперчевому кружку, съ діаметромъ равнымъ діаметру внѣшняго цилиндра. Такимъ образомъ, когда крышки войдутъ внутрь внѣшнихъ цилиндровъ, то послѣдніе, въ свою очередь, лягутъ краями на большіе гуттаперчевые кружки, а внутренніе, болѣе короткіе цилиндры сверху и снизу закроются кружками p, и тѣмъ самымъ каждая цилиндрическая прослойка воды становится уединенною отъ сосѣднихъ.

Чтобы зажатіе обѣихъ крышекъ было болѣе плотнымъ, у крючковъ $y—y$ на двухъ проволочныхъ тягахъ подвѣшенъ грузъ l, заставляющій крючки $y—y$ заскакивать за выступы $j—j$, и тѣмъ самымъ обѣ крышки и цилиндры соединяются въ одно цѣлое.

Въ верхней крышкѣ имѣется центральное отверстіе съ гуттаперчевымъ кольцомъ и винтомъ, его нажимающимъ, черезъ которое пропущенъ въ батометръ термометръ t, съ двойною оболочкою для предохраненія отъ давленія воды

Двѣ задвижки f_1 и f_2 удерживаютъ оправу термометра трубку e на мѣстѣ, при чемъ f_1 одновременно открываетъ доступъ воздуха во внутренній цилиндръ батометра при выпускѣ изъ него воды черезъ кранъ n въ нижней крышкѣ.

Закрываніе батометра производится грузомъ, пущеннымъ по линю и ударяющимъ по площадкѣ c, которая, опускаясь, отдаетъ крючки b;

тогда верхняя крышка падаетъ на цилиндры, а послѣдніе, увлекаемые еще грузомъ l, падаютъ на нижнюю крышку. Въ это же время у крючковъ $y—y$ откладываются эксцентрики $k—k$ и, упираясь въ выступы $j—j$, еще плотнѣе зажимаютъ крышки.

Кромѣ того, для контроля температуры, опредѣляемой внутреннимъ термометромъ, находящимся въ изолированномъ цилиндрѣ съ водою, имѣется еще поворотный термометръ u, хорошо видный сбоку на чертежахъ (фиг. 35-а и 35-б). При помощи двухъ ручекъ рамка съ термометромъ укрѣплена къ стойкѣ батометра. Внутри рамки въ особой трубкѣ помѣщенъ термометръ, поворачивающійся на оси x пружиною. Внизу рамки особый крючокъ o удерживаетъ ее, пока верхняя крышка, падая, не отложитъ этого крючка.

Вслѣдствіе примѣненія системы цилиндровъ изъ матеріаловъ разной проводимости и прослоекъ воды между ними, вода, находящаяся во внутреннемъ цилиндрѣ, очень хорошо сохраняетъ свою температуру. Въ умѣренныхъ и полярныхъ моряхъ измѣненіе температуры при подниманіи батометра достигаетъ всего около $\pm 0^{\circ},01$, а въ тропическихъ нѣсколько больше, около $\mp 0^{\circ},1$.

Изъ числа многихъ батометровъ, вошедшихъ въ употребленіе въ послѣднее время, укажемъ на приборъ, предложенный «Международной Комиссіей по изученію моря», изображенный на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 36). Въ мѣдной рамѣ эксцентрически вращается цилиндръ съ двумя кранами, ручки отъ которыхъ соединены съ особыми тягами, другими концами надѣтыми на цилиндрическіе выступы рамы. Въ верху послѣдней есть крючокъ, удерживающій тѣло барометра длиннымъ концомъ вверхъ. Въ этомъ положеніи оба крана открыты, и вода свободно проходитъ насквозь. Линь, на которомъ подвѣшенъ приборъ, проводится вдоль лѣваго бока рамы. Когда желаютъ батометръ закрыть, то пускаютъ грузъ; онъ ударомъ откладываетъ крючокъ, удерживающій цилиндръ, и послѣдній оборачивается, толкаемый пружиною, видною на чертежѣ вверху и вправо на рамѣ. Когда цилиндръ съ размаху дойдетъ снова до вертикальнаго положенія, то его конецъ за-

Фиг. 36. Поворотный батометръ съ кранами.

хватывается другимъ крючкомъ внизу. При оборачиваніи батометра оба крана закрываются тягами. Ударъ цилиндра о нижній крючокъ освобождаетъ второй грузъ, заранѣе надѣтый на линь подъ приборомъ, который можетъ закрыть ниже подвѣшенный батометръ; послѣднихъ можно навѣсить на линь нѣсколько и сразу достать рядъ образцовъ воды съ разныхъ глубинъ, чего нельзя сдѣлать съ батометрами Петтерсона-Нансена, ихъ приходится опускать по очереди на каждую глубину, что составляетъ большое неудобство, удлиняя время стоянки.

Для опредѣленія одновременно и температуры на той же глубинѣ батометръ (фиг. 36) имѣетъ двѣ трубки сбоку, куда вкладываются два поворотныхъ термометра (Негретти-Замбра или подобные), два для провѣрки ихъ показаній. Такой батометръ большого размѣра приноситъ литръ воды, а малаго—полъ-литра.

Въ случаѣ, если взятые образцы воды предназначены для производства полнаго анализа или для опредѣленія солености химическимъ путемъ, или вообще, если ихъ надо сохранить, ихъ наливаютъ въ склянки съ притертыми стеклянными пробками. Склянки должны быть изъ твердаго стекла, чтобы по возможности менѣе выщелачивались морскою водою. Хорошо до ихъ употребленія налить склянки какою-нибудь морскою водою и оставить ее въ нихъ, чтобы онѣ выщелочились. Передъ употребленіемъ эту воду выливаютъ, хорошо споласкиваютъ склянки и ихъ стеклянныя пробки три раза прѣсною водою, потомъ три раза тою водою, которую желаютъ сохранить, и наконецъ наливаютъ ихъ немного неполными. Затѣмъ стеклянныя пробки обвязываютъ пузыремъ или ихъ опускаютъ въ расплавленный парафинъ, если придется хранить образцы долго. Склянки съ образцами воды храпятъ на суднѣ въ прохладномъ мѣстѣ; хорошо имѣть для склянокъ особые ящики съ ячейками, гдѣ онѣ могутъ стоять плотно. На каждой склянкѣ и ея пробкѣ обыкновенно есть нумера, вытравленные на стеклѣ; по этимъ нумерамъ записываютъ склянки въ журналъ съ указаніемъ, откуда взята вода и при какихъ обстоятельствахъ, т.-е. широта и долгота, глубина, температура, условія погоды, имя судна и наблюдателя.

Образцы, предназначенные для опредѣленія солености химическимъ путемъ по количеству хлора (титрованіемъ), должны быть взяты въ количествѣ около 200 гр., въ случаѣ же, если предполагается производить полный анализъ, то количество воды должно быть не менѣе литра.

Способы опредѣленія солености морской воды. — Кромѣ опредѣленія солености морской воды помощью полнаго химическаго анализа, существуетъ еще нѣсколько пріемовъ, позволяющихъ опредѣлить соленость, не изслѣдуя всѣхъ составныхъ частей, находящихся въ морской водѣ.

Вслѣдствіе того, что составъ морской воды сохраняетъ свое постоянство, повсемѣстно въ открытыхъ океанахъ, возможно находить соленость, опредѣляя или только одинъ какой-либо элементъ, входящій въ составъ морской воды, напр., хлоръ, или опредѣляя удѣльный вѣсъ морской воды, отношеніе котораго къ солености заранѣе опредѣлено, или помощью изученія величины преломляемости морскою водой лучей свѣта, проходящихъ сквозь нее, и др.

Всѣ эти способы требуютъ предварительнаго изслѣдованія того соотношенія, какое существуетъ въ природѣ между опредѣляемыми величинами и соленостью морской воды.

Напримѣръ, цѣлымъ рядомъ изслѣдованій «Международной Комиссіи по изученію моря» найдено соотношеніе между количествомъ хлора, находящагося въ морской водѣ, и соленостью. Оно выражается уравненіемъ:

$$\text{соленость } S = 0{,}030 + 1{,}8050 \text{ хлора.}$$

Зависимость же между σ_0 и хлоромъ (Cl) выражается такимъ уравненіемъ:

$$\sigma_0 = -0{,}069 + 1{,}4708\ Cl - 0{,}001570\ Cl^2 + 0{,}0000398\ Cl^3$$

Здѣсь σ_0 есть удѣльный вѣсъ морской воды при 0°, отнесенный къ дистиллированной водѣ при 4°, и при этомъ отъ цифры, выражающей удѣльный вѣсъ, откинута единица цѣлыхъ и остальная дробь умножена на 1.000 (вмѣсто, напр., 1,00379 взято — 3.79), чтобы не писать въ столбцѣ лишнихъ цифръ.

Зависимость между удѣльнымъ вѣсомъ и количествомъ хлора въ морской водѣ выражается слѣдующимъ эмпирическимъ уравненіемъ:

$$\rho_{17°,5} = (0{,}1245 + \sigma_0 - 0{,}0595\ \sigma_0 + 0{,}000155\ \sigma_0^2) \times 1{,}00129$$

Здѣсь $\rho_{17°,5}$ есть удѣльный вѣсъ морской воды, приведенный къ 17°,5 и отнесенный къ дистиллированной водѣ при 17°,5, при чемъ тутъ также откинута единица цѣлыхъ и остальная дробь умножена на 1.000 (напр., вмѣсто 1,02041 взято—20.41).

До составленія и изданія «Международныхъ океанографическихъ

таблицъ» М. Кнудсеномъ, выдержка изъ которыхъ для примѣра помѣщена далѣе (см. стр. 84 и 86), опредѣляли соленость по удѣльному вѣсу, пользуясь слѣдующею эмпирическою формулою:

$$P = \left(S\,\frac{17,^{\circ}5}{17,^{\circ}5} - 1\right) K,$$

гдѣ P есть искомая соленость, S — удѣльный вѣсъ испытуемой морской воды, приведенный къ 17°,5 и отнесенный къ вѣсу дистиллированной воды при 17°,5, а K есть коэффиціентъ, найденный изъ опыта. Разные изслѣдователи опредѣляли коэффиціентъ K, при чемъ его величина колебалась для океанской воды отъ 1.306 до 1.319; обыкновенно K принимается равнымъ 1.310. Въ послѣднее время изслѣдованія М. Кнудсена и Сёренсена показали, что коэффиціентъ K измѣняется вмѣстѣ съ соленостью, достигая наибольшей величины 1.309 при 25‰—30‰, а при солености 2‰ онъ равенъ 1.274.

М. Кнудсенъ предложилъ слѣдующую эмпирическую формулу для выраженія зависимости между σ_0 $\left(\sigma_0$ раньше выражалось такъ $— S\,\frac{0^{\circ}}{4^{\circ}}\right)$ и соленостью S‰:

$$\sigma_0 = -0{,}093 + 0{,}8149\ S - 0{,}000482\ S^2 + 0{,}0000068\ S^3$$

«Международныя океанографическія таблицы» (см. стр 86) вычислены на основаніи вышеприведенныхъ уравненій. Онѣ позволяютъ находить соленость, удѣльный вѣсъ и плотность морской воды или по количеству хлора, находящагося въ ней, или по ея удѣльному вѣсу.

Опредѣленіе солености морской воды по ея удѣльному вѣсу. — Для опредѣленія удѣльнаго вѣса жидкостей существуетъ нѣсколько способовъ, но, къ сожалѣнію, наиболѣе точные требуютъ взвѣшиванія, что̀ на суднѣ не можетъ быть выполнено. Поэтому въ плаваніи можетъ употребляться только ареометрическій способъ опредѣленія удѣльнаго вѣса.

Съ этою цѣлью пользуются стеклянными ареометрами съ постояннымъ вѣсомъ *), сдѣланными изъ особаго твердаго стекла, не выщелачиваемаго морскою водою, коэффиціентъ расширенія котораго хорошо опредѣленъ (такъ называемое Іенское нормальное стекло 16^{III}). Объемъ прибора съ теченіемъ времени не мѣняется, благодаря постоянству матеріала, изъ котораго онъ сдѣланъ.

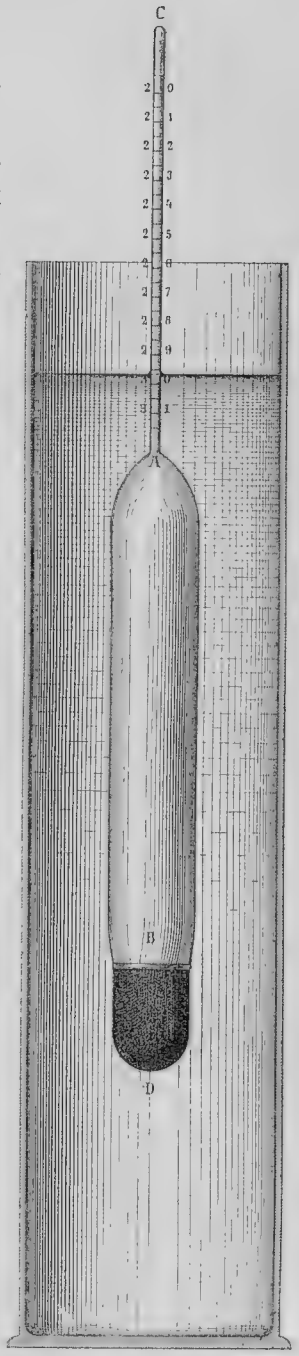
*) Существуютъ ареометры и съ перемѣннымъ вѣсомъ и ареометры съ полнымъ погруженіемъ. Употребленіе ихъ сложнѣе и затруднительнѣе, но точность нѣсколько больше.

Стеклянный ареометръ изображенъ на чертежѣ (фиг. 37), плавающимъ въ испытуемой водѣ. Онъ состоитъ изъ длиннаго цилиндра *AB*, въ нижней части котораго *BD* налита ртуть или насыпана дробь, прикрытыя сверху стеклянною запаянною стѣнкою. Въ верхней части цилиндра ареометра, въ видѣ продолженія его, имѣется тонкая трубчатая шейка, внутри которой укрѣплена бумажная шкала. Послѣдняя изображена развернутою въ натуральную величину на чертежѣ (фиг. 38); какъ видно, за неимѣніемъ мѣста, на шкалѣ подписаны только вторая и третья десятичныя цифры (20 надо читать — 1,020; а 31 — 1,031). Каждое дѣленіе раздѣлено еще на десять частей, при чемъ на глазъ легко отсчитать половину дѣленія. Такимъ образомъ, отсчетъ удѣльнаго вѣса производится съ точностью до 0,00005.

Въ океанѣ и моряхъ удѣльные вѣса измѣняются отъ 1,00000 до 1,03100; при такихъ предѣлахъ и размѣрѣ шкалы, позволяющей вышеуказанную и необходимую точность отсчета, пришлось бы дѣлать ареометры съ очень длинными шейками, что̀ неудобно для работы съ ними. Поэтому приготовляютъ ареометры наборами по шести штукъ, при чемъ шкала каждаго ареометра захватываетъ шкалы сосѣднихъ двухъ для большаго и меньшаго удѣльныхъ вѣсовъ.

Напримѣръ, шкалы бываютъ составлены такъ*):

I ареометръ отъ	1,000	до	1,007
II » »	1,006	»	1,011



Фиг. 37. Стеклянный ареометръ.

*) На чертеж. фиг. 37 и 38 изображены шкалы ареометра, имѣющія другіе предѣлы, нежели указанные; вообще для особыхъ цѣлей, напр., для маяковъ, дѣлаются ареометры со шкалами, гдѣ предѣлы дѣленій соотвѣтствуютъ мѣстнымъ условіямъ (на фиг. 37 и 38 предѣлы шкалы отъ 1,020 до 1,031). На суда выдаются наборы и изъ 6 ареометровъ и изъ 5, въ послѣднемъ случаѣ предѣлы шкалъ нѣсколько иные.

III ареометръ отъ	1,010	»	1,016
IV » »	1,015	»	1,021
V » »	1,020	»	1,026
VI » »	1,025	»	1,031

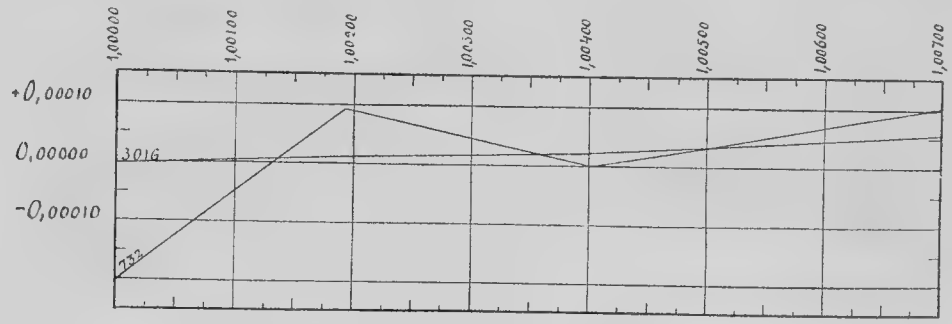
Фиг. 38. Шкала ареометра.

При наборѣ ареометровъ имѣется стеклянный цилиндръ или, какъ говорятъ, стаканъ, въ который наливается испытуемая вода, какъ это видно на чертежѣ (фиг. 37). Такъ какъ удѣльный вѣсъ измѣняется съ перемѣною температуры воды, то необходимо знать, при какой температурѣ произведено было наблюденіе. Для этого имѣется при наборѣ ареометровъ особый термометръ, который заключенъ въ широкую стеклянную трубку, чтобы онъ плавалъ и шарикъ его не касался бы дна.

Какъ термометръ, такъ и ареометры должны быть провѣрены и поправки ихъ приложены къ набору ареометровъ. Передъ употребленіемъ термометръ, ареометры и стаканъ должны быть тщательно обмыты въ прѣсной водѣ и вытерты чистымъ полотенцемъ, не оставляющимъ ворсинокъ на стеклѣ приборовъ. Брать и класть вычищенные приборы въ ихъ гнѣзда въ ящикѣ надо осторожно, непремѣнно за верхніе концы термометра и шеекъ ареометровъ, чтобы не оставить жирныхъ пятенъ на той ихъ части, которая уходитъ въ испытуемую воду. Даже самое незначительное количество жира, всегда имѣющееся на пальцахъ, достаточно, чтобы произвести жирный налетъ на поверхности воды и измѣнить отсчетъ по ареометру (вслѣдствіе измѣненія поверхностнаго натяженія жидкости, мениск ея будетъ другой). Если нужно хорошенько вычистить шейку, то надо протереть ее аміакомъ, а потомъ снова обмыть прѣсною водою.

Повѣрка ареометровъ производится слѣдующимъ образомъ. Приготовляется нѣсколько растворовъ соли въ дистиллированной водѣ (обыкновенно такого содержанія солей, чтобы для шкалы каждаго ареометра серіи было три-четыре раствора: въ началѣ, серединѣ и въ концѣ его шкалы). Удѣльный вѣсъ каждаго раствора опредѣляется нормальнымъ ареометромъ, поправки котораго выведены съ достаточною точностью по удѣльнымъ вѣсамъ растворовъ, найденнымъ помощью взвѣшиванія на чувствительныхъ вѣсахъ. Дѣлая отсчеты по испытуемымъ ареометрамъ въ растворахъ извѣстнаго удѣльнаго вѣса, получаютъ изъ сравненія отсчетовъ съ удѣльными вѣсами—поправки ареометровъ. Обыкновенно довольствуются тремя-четырьмя поправками для каждаго ареометра, наносятъ ихъ на графленую бумагу и соединяютъ полученныя точки ломаною линіей (фиг. 39) и для каждаго отсчета арео-

метра опредѣляютъ по графику его поправку. Въ хорошихъ приборахъ ломаная, соединяющая точки опредѣленныхъ опытомъ поправокъ, получается очень близко къ прямой, какъ на фиг. 39 для ареометра № 3016; если же инструментъ неудовлетворителенъ, то получается сильно ломаная линія (какъ на фиг. 39 для ареометра 732); это случается, когда шейка ареометра недостаточно правильной цилиндрической формы, или шкала плохо раздѣлена.



Фиг. 39. Графическое опредѣленіе поправокъ ареометровъ

Поправки, снятыя съ графика, вписываютъ въ особые бланки, образецъ коихъ данъ ниже.

МОРСКОЕ МИНИСТЕРСТВО.

Гидро-метеорологическая часть

Главнаго Гидрографическаго Управленія.

Ареометръ № 3016.

Крайнія дѣленія 1.0000—1.0070.

Отъ	До	Поправка.
1.00000	1.00134	0.00000
1.00135	1.00298	+ 0.00001
1.00299	1.00442	+ 0.00002
1.00443	1.00522	+ 0.00003
1.00523	1.00604	+ 0.00004
1.00605	1.00700	+ 0.00005

Время опредѣленія поправокъ

9. VII. 1911 г.

Повѣрялъ

Ю. М. Шокальскій.

Для поправокъ серіи ареометровъ имѣются слѣдующіе бланки.

Стр. журнала поправокъ приборовъ .....

МОРСКОЕ МИНИСТЕРСТВО.

Гидро-метеорологическая часть Главнаго Гидрографическаго Управленія.

Поправка ареометровъ серіи Р 14

№ 3941			№ 3913			№ 2800		
отъ	до	попр.	отъ	до	попр.	отъ	до	попр.
1.0000	1.0018	+ 0.0003	1.0060	1.0092	+ 0.0002	1.0100	1.0138	+ 0.0004
1.0019	1.0064	+ 0.0004	1.0093	1.0104	+ 0.0003	1.0139	1.0153	+ 0.0003
№ 2777			№ 2746			№ 2736		
1.0150	1.0163	+ 0.0002	1.0200	1.0220	+ 0.0003	1.0250	1.0268	0.0000
1.0164	1.0187	+ 0.0003	1.0221	1.0240	+ 0.0002	1.0269	1.0291	+ 0.0001
1.0188	1.0205	+ 0.0002	1.0241	1.0251	+ 0.0001	1.0292	1.0304	+ 0.0002
			1.0252	1.0257	0.0000			

Термометръ при ареометрахъ № 311.

Отъ	0°.0	до	6°.1	поправки	0°.0
„	6.2	„	15.3	„	— 0.1
„	15.4	„	30.0	„	— 0.2

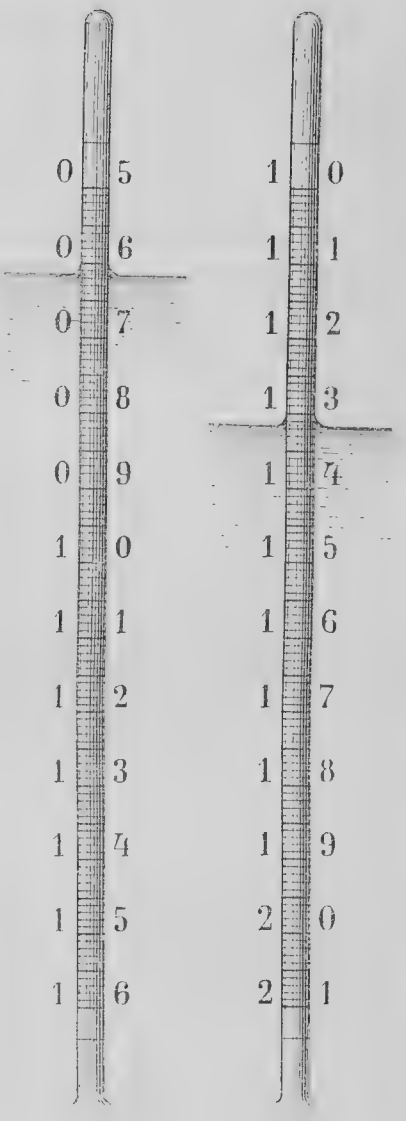
Время опредѣленія поправокъ.

9. VII. 1911 г.

Повѣрялъ

Производство наблюденій удѣльнаго вѣса. — Доставъ воду съ поверхности или съ глубины, какъ было указано выше, предварительно споласкиваютъ три раза стаканъ этою же водою, затѣмъ наливаютъ ее въ стаканъ почти до верху и, чтобы вода не испарялась, закупориваютъ стаканъ гуттаперчевою пробкою, обмытою тою же водою. Стаканъ съ водою ставятъ въ томъ помѣщеніи, гдѣ будутъ опредѣлять удѣльный вѣсъ, напримѣръ, въ штурманской рубкѣ. Тамъ же долженъ находиться и ящикъ съ ареометрами, крышка ящика должна быть открыта, чтобы ареометры, стаканъ и термометръ пріобрѣли температуру каюты. Приблизительно черезъ полчаса или часъ, смотря по тому, насколько температура воды отличалась отъ таковой же каюты, вода и всѣ приборы примутъ температуру помѣщенія. Тогда, открывъ стаканъ, опускаютъ туда термометръ и, пока онъ плаваетъ и устанавливается его

отсчетъ, выбираютъ подходящій ареометръ изъ набора *) и, отсчитавъ термометръ, вынимаютъ его и помѣщаютъ въ сосудъ съ прѣсною водою, а на его мѣсто опускаютъ осторожно ареометръ. Вслѣдствіе капиллярности мениск воды будетъ стоять выше уровня ея въ стаканѣ, какъ это видно на чертежахъ (фиг. 39-а и 39-б). На чертежахъ ясно видно, что, если мысленно продолжить горизонтальную поверхность воды, то она пересѣчетъ шейку по пунктирной линіи, которая и соотвѣтствуетъ настоящему отсчету ареометра. Чтобы увидать этотъ отсчетъ, надо смотрѣть нѣсколько снизу поверхности воды въ стаканѣ, глазомъ продолжая плоскость поверхности воды до пересѣченія ея со шкалою. На чертежѣ (фиг. 39-а) отсчетъ будетъ 1,00615, а на другомъ чертежѣ (фиг. 39-б) отсчетъ будетъ 1,01315.



Фиг. 39-а. Фиг. 39-б.

Чтобы удобнѣе было замѣчать цифры дѣленій шкалы, ареометру при его опусканіи въ стаканъ сообщаютъ легкое вращательное движеніе, такъ, чтобы передъ глазами наблюдателя сперва проходила старшая цифра отсчета, а потомъ младшая, т.-е. въ данныхъ примѣрахъ сперва 0, а потомъ 6, сперва 1, а потомъ 3. Кромѣ того, вращеніе ареометра полезно еще и потому, что наблюдатель при этомъ видитъ, не пристали ли гдѣ-нибудь къ стѣнкамъ прибора пузырьки газовъ, всегда имѣющихся въ водѣ. Пузырьки увеличиваютъ подъемную силу ареометра и

*) Такъ какъ ареометрическія наблюденія производятся часто, каждые четыре часа, а величина удѣльнаго вѣса измѣняется съ перемѣною мѣста медленно, то послѣ перваго наблюденія уже извѣстно, какой ареометръ надо брать изъ набора.

ТАБЛИЦА ПОПРАВОКЪ

для приведенія удѣльнаго вѣса морской воды (ареометромъ изъ нормальнаго стекла 16[ш]) при температурѣ t^0 къ удѣльному вѣсу при $17^0,5$. (Поправки даны въ пятомъ десятичномъ знакѣ).

Выдержка изъ „Международныхъ океанографическихъ таблицъ“ М. Кнудсена.

Наблюденный удѣльный вѣсъ при температурѣ t^0.	Поправки удѣльныхъ вѣсовъ при температурахъ:												
	14,0	14,2	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2	15,4	15,6	15,8	16,0	16,2	16,4
1.00000	—47	—45	—43	—40	—38	—35	—33	—30	—27	—25	—22	—19	—16
1.00100	48	46	43	41	39	36	33	31	28	25	22	20	17
1.00200	49	47	44	42	39	37	34	31	29	26	23	20	17
1.00300	50	48	45	43	40	37	35	32	29	26	23	20	17
1.00400	51	48	46	43	41	38	35	32	29	26	23	20	17
1.00500	—52	—49	—47	—44	—41	—39	—36	—33	—30	—27	—24	—21	—18
1.00600	53	50	47	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18
1.00700	54	51	48	45	43	40	47	34	31	28	25	21	18
1.00800	54	52	49	46	43	40	37	34	31	28	25	22	18
1.00900	55	53	50	47	44	41	38	35	32	29	25	22	19
1.01000	—56	—53	—50	—48	—45	—42	—39	—35	—32	—29	—26	—22	—19
1.01100	57	54	51	48	45	42	39	36	33	29	26	23	19
1.01200	58	55	52	49	46	43	40	37	33	30	26	23	20
1.01300	59	57	53	50	47	44	40	37	34	30	27	23	20
1.01400	60	57	54	51	47	44	41	38	34	31	27	24	20
1.01500	—61	—58	—54	—51	—49	—45	—41	—38	—34	—31	—27	—24	—20
1.01600	61	58	55	52	49	45	42	38	35	31	28	24	21
1.01700	62	59	56	53	49	46	42	39	35	32	28	25	21
1.01800	63	60	57	53	50	46	43	39	36	32	29	25	21
1.01900	64	61	57	54	51	47	44	40	36	33	29	25	21
1.02000	—65	—61	—58	—55	—51	—48	—44	—41	—37	—33	—29	—25	—22
1.02100	66	62	59	55	52	48	45	41	37	33	30	26	22
1.02200	66	63	60	56	53	49	45	42	38	34	30	26	22
1.02300	67	64	60	57	53	49	46	42	38	34	30	26	22
1.02400	68	64	61	57	54	50	46	42	39	35	31	27	23
1.02500	—69	—66	—62	—58	—55	—51	—47	—43	—39	—35	—31	—27	—23
1.02600	70	66	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23
1.02700	71	67	63	59	56	52	48	44	40	36	32	28	23
1.02800	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24
1.02900	72	69	65	61	57	53	49	45	41	37	32	28	24

поднимаютъ его изъ воды, измѣняя отсчетъ. Отсчитавъ ареометръ, его вынимаютъ, помѣщаютъ въ сосудъ съ прѣсною водою, а на его мѣсто опускаютъ вытертый насухо термометръ и, пока по немъ сдѣлаютъ отсчетъ, ареометръ обмываютъ прѣсною водою и вытираютъ. Отсчитавъ термометръ, вторично опускаютъ въ стаканъ ареометръ и опять отсчитываютъ его, а затѣмъ, вынувъ его, снова опредѣляютъ температуру испытуемой воды. Два послѣдовательныхъ отсчета должны сходиться въ предѣлахъ ихъ точности, т.-е. ± 0,00005; въ противномъ случаѣ надо еще разъ вынуть ареометръ, хорошенько вымыть его и шейку и очистить поверхность воды въ стаканѣ, проведя по ней нѣсколько разъ кусочкомъ чистой фильтровальной бумаги, и тогда сдѣлать третье наблюденіе. По окончаніи наблюденій термометръ, ареометръ и стаканъ обмываютъ прѣсною водою, вытираютъ и укладываютъ въ ящикъ.

Во всякомъ случаѣ всякое опредѣленіе удѣльнаго вѣса всегда начинается съ опредѣленія температуры воды въ стаканѣ и имъ оканчивается. Если бы отсчеты термометра до и послѣ погруженія ареометра оказались немного разными (въ предѣлахъ двухъ, много—трехъ десятыхъ градуса), то среднее ариѳметическое принимаютъ за температуру воды при отсчетѣ ареометра. Вліяніе температуры на точность опредѣленія удѣльныхъ вѣсовъ очень большое, и потому надо обращать особое вниманіе, чтобы температура воды, комнаты и приборовъ была та же самая.

Такъ какъ температура эта, смотря по обстоятельствамъ, можетъ быть весьма различная, а удѣльный вѣсъ надо знать при температурѣ 17°,5, то необходимо придать къ отсчету удѣльнаго вѣса поправку для приведенія его къ 17°,5. Для нахожденія означенной поправки служитъ особая таблица, помѣщенная въ «Международныхъ океанографическихъ таблицахъ», извлеченіе изъ которой и дано здѣсь для примѣра (стр. 84).

Положимъ, температура воды въ стаканѣ до и послѣ погруженія ареометра была 14°,3 и 14°,5; средняя 14°,4. Поправка термометра для данной температуры +0°,2; исправленный отсчетъ температуры воды въ стаканѣ будетъ 14°,6.

Отсчетъ по ареометру, положимъ, былъ:

Отсчетъ ареометра	1,02545
Поправка ареометра	+0,00022
Исправленный отсчетъ ареометра . .	1,02567

Этотъ удѣльный вѣсъ 1,02567 наблюдался при температурѣ 14°,6. Въ выдержкѣ изъ таблицы поправокъ, помѣщенной выше, находимъ столбецъ температуры 14°,6, и подъ этою температурою между удѣльными вѣсами, заключающими наблюденный, т.-е. въ строкахъ 1,02500 и 1,02600 находимъ поправки 58 и 59; беремъ поправку ближайшаго удѣльнаго вѣса (1,02600), т.-е. — 59, что̀ значитъ — 0,00059. Слѣдовательно, имѣемъ:

Удѣльный вѣсъ при 14°,6	1,02567
Поправка для приведенія къ удѣльному вѣсу при 17°,5	— 59
Удѣльный вѣсъ при 17°,5	1,02508

По удѣльному вѣсу при 17°,5 въ другомъ мѣстѣ «Международныхъ океанографическихъ таблицъ» находимъ соленость.

Выдержка изъ этой таблицы помѣщена ниже.

Выдержка изъ „Международныхъ океанографическихъ таблицъ“ М. Кнудсена.

Cl (хлоръ).	S (соленость).	σ_0 уд. в. при 0°.	$\rho_{17°,5}$ уд. в. при 17°,5.
18,10	32,70	26,27	24,97
11	72	29	99
12	74	30	25,00
13	75	32	02
14	77	33	03
15	79	35	04
16	81	36	06
17	83	38	07
18	84	39	08
19	86	40	10

По удѣльному вѣсу ($\rho_{17°,5}$) 1,02508 въ правомъ столбцѣ находимъ во второмъ столбцѣ искомую соленость $S = 32{,}84\,‰$.

Такимъ образомъ, благодаря вышеуказаннымъ таблицамъ, задача найти соленость по удѣльному вѣсу очень облегчена.

Чтобы имѣть нѣкоторое представленіе о соотношеніи величинъ солености, удѣльнаго вѣса при 17°,5 и плотности при разныхъ температурахъ, здѣсь приведены параллельно всѣ три величины при ихъ разныхъ значеніяхъ:

Соленость на 1.000 частей S ‰	0,00	10,00	20,00	30,00	35,00	40,00
Соотвѣтствующ. удѣльный вѣсъ при 17°,5 $\rho_{17°,5}$	1,00000	1,00769	1,01530	1,02292	1,02674	1,03058
Плотность σ_t при температурахъ t°:						
0°	0,99987	1,00502	1,01607	1,02411	1,02813	1,03217
5°	0,99999	1,00797	1,01586	1,02375	1,02770	1,03167
20°	0,99823	1,00586	1,01342	1,02099	1,02478	1,02860
30°	0,99567	1,00315	1,01057	1,01801	1,02175	1,02551

Физико-географическія причины, управляющія распредѣленіемъ солености по поверхности океановъ и морей.—При испареніи съ поверхности какого-либо воднаго раствора испаряется только вода, а вещества, находящіяся въ растворѣ, остаются въ немъ, поэтому крѣпость раствора при испареніи увеличивается.

Обратно, если къ водному раствору какихъ-либо веществъ приливать воду, то крѣпость раствора будетъ уменьшаться.

Эти-то двѣ причины и управляютъ въ природѣ распредѣленіемъ величины солености по поверхности океановъ и морей.

Испареніе увеличиваетъ соленость, величина же испаренія главнымъ образомъ зависитъ отъ двухъ причинъ: температуры и вѣтра. Чѣмъ выше первая, тѣмъ испареніе больше; чѣмъ сильнѣе и, главное, чѣмъ постояннѣе вѣтеръ, дующій надъ поверхностью воды, тѣмъ испареніе больше, потому что воздухъ, получившій уже нѣкоторое количество паровъ воды, уносится прочь, и на его мѣсто притекаетъ болѣе сухой воздухъ.

Выпаденіе осадковъ и таяніе льдовъ въ открытомъ океанѣ будетъ уменьшать соленость на поверхности. Вблизи же береговъ и въ моряхъ соленость уменьшается, вслѣдствіе впаденія рѣкъ.

Географическое распредѣленіе солености по поверхности океановъ и морей.—*Соленость на поверхности океановъ.*—Въ зависимости отъ двухъ вышеуказанныхъ причинъ наблюдается слѣдующее распредѣленіе солености на поверхности всѣхъ открытыхъ океановъ.

Около экватора, въ экваторіальной штилевой полосѣ, находится область сравнительно меньшей солености, обусловленная большимъ ко-

личествомъ дождей, здѣсь выпадающихъ, вслѣдствіе скопленія паровъ, собранныхъ пассатами съ широкихъ пространствъ къ сѣверу и къ югу отъ штилевой полосы. Такимъ образомъ, несмотря на высокую температуру въ штилевой полосѣ, испареніе тамъ не велико (около 4 мм. въ сутки, см. фиг. 40), и количество выпадающей воды больше, чѣмъ испарившейся.

По обѣ стороны къ сѣверу и къ югу, въ широкихъ пассатныхъ полосахъ, осадковъ выпадаетъ мало, а испареніе очень велико и какъ слѣдствіе высокой температуры и особенно какъ слѣдствіе постоянныхъ и сухихъ вѣтровъ — пассатовъ. Въ этихъ полосахъ въ годъ испаряется слой воды толщиною около 3 метровъ.

Отъ границъ пассатныхъ полосъ къ обѣимъ полярнымъ областямъ соленость убываетъ вслѣдствіе уменьшенія испаренія, потому что въ умѣренныхъ широтахъ температура ниже и нѣтъ столь постоянныхъ и сухихъ вѣтровъ, какъ пассаты. Съ другой стороны причины, уменьшающія соленость, возрастаютъ съ удаленіемъ отъ пассатныхъ полосъ; увеличивается количество осадковъ, и постепенно начинаютъ встрѣчаться плавучіе льды, таяніе которыхъ тоже способствуетъ уменьшенію солености на поверхности.

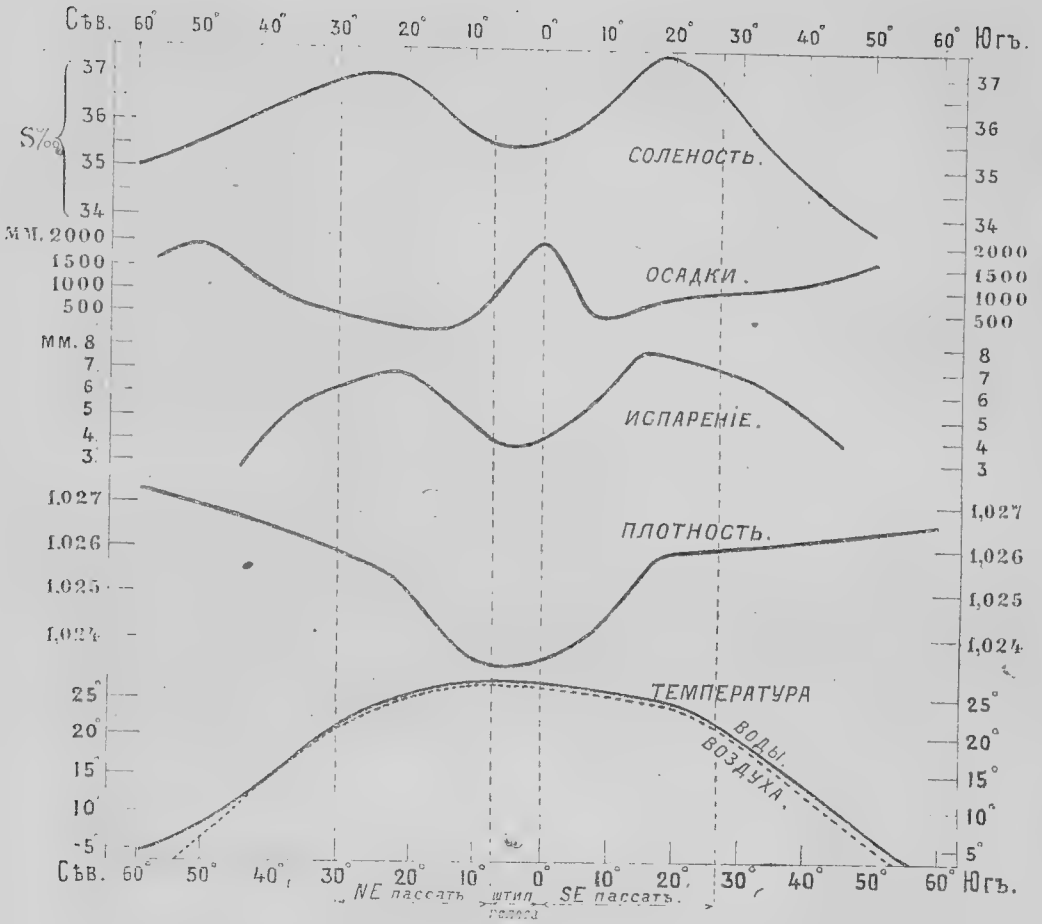
Только-что сказанное выше о зависимости распредѣленія по широтамъ въ океанахъ солености отъ испаренія и осадковъ наглядно видно на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 40). Вверху дана кривая распредѣленія солености по широтамъ для Атлантическаго океана вдоль срединнаго меридіана его; наибольшія солености приходятся въ областяхъ пассатовъ; онѣ раздѣлены областью малой солености, соотвѣтствующей штилевой полосѣ. Къ сѣверу и къ югу отъ пассатныхъ полосъ солености быстро убываютъ.

Слѣдующая кривая изображаетъ распредѣленіе количества атмосферныхъ осадковъ, она имѣетъ видъ обратный кривой солености, менѣе всего выпадаетъ осадковъ въ пассатныхъ полосахъ, а болѣе всего—въ штилевой полосѣ.

Кривая испаренія *) совершенно одного характера съ кривою солености, наибольшее испареніе въ пассатныхъ полосахъ, а наименьшее въ штилевой и въ умѣренныхъ широтахъ.

Кривая распредѣленія плотности по широтамъ въ тропикахъ совершенно повторяетъ кривую солености, а въ умѣренныхъ поясахъ она

*) Кривая испаренія построена на основаніи наблюденій Лютгенса, недавно опубликованныхъ. Она даетъ испареніе за сутки.



Фиг. 10. Распредѣленіе по широтамъ въ Атлантическомъ океанѣ: солености, осадковъ, испаренія, плотности и температуръ воды на поверхности и воздуха надъ нею.

идетъ иначе, тамъ плотность воды находится въ большей зависимости отъ температуры, нежели отъ солености; а именно: съ пониженіемъ температуры воды съ увеличеніемъ широты, плотность увеличивается; кривыя температуры воздуха и воды дополняютъ сказанное выше.

Такова общая картина распредѣленія солености, одинаковая для всѣхъ трехъ океановъ; то же самое хорошо видно изъ разсмотрѣнія карты распредѣленія солености на поверхности океановъ (фиг. 41, стр. 92), гдѣ мѣста, имѣющія одинаковыя солености, соединены согласными кривыми, называемыми изогалинами (линіи равныхъ соленостей).

Способъ обработки и изображенія географическаго распредѣленія явленій по земной поверхности. — Чтобы составить понятіе о распредѣленіи какого-либо явленія по земной поверхности, наносятъ на карту земного шара въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ цифровыя величины, выражающія явленіе или для даннаго момента или въ среднемъ за сутки, за мѣсяцъ или за годъ (при этомъ, конечно, всѣ величины должны быть приведены къ одной и той же уровенной поверхности, обыкновенно къ уровню океана). Затѣмъ, интерполируя между нанесенными величинами, находятъ на картѣ точки, которыя должны были бы соотвѣтствовать положенію такихъ же величинъ, но выражающихъ разсматриваемое явленіе въ цѣлыхъ, округленныхъ цифрахъ. Напримѣръ, въ двухъ точкахъ на картѣ обозначены солености 34,4 и 35,2; чтобы найти между ними точку карты, въ которой предположительно должна была бы наблюдаться соленость 35,0, поступаютъ такъ. Допустивъ, что распредѣленіе солености между точками, гдѣ оно 34,4 и 35,2, мѣняется пропорціонально разстоянію, соединяютъ эти точки прямой линіей, которую дѣлятъ на 8 равныхъ частей ($35{,}0 - 34{,}4 = 6$ и $35{,}2 - 35{,}0 = 2$; $6 + 2 = 8$). Теперь уже легко найти на картѣ точку, гдѣ приходится соленость 35,0. Очевидно, что, чѣмъ больше имѣется наблюденій, тѣмъ болѣе будетъ и точекъ на картѣ, гдѣ величина разсматриваемаго явленія извѣстна, а слѣдовательно, и интерполяція между этими значеніями будетъ точнѣе.

Когда на картѣ найдены мѣста точекъ, соотвѣтствующія значеніямъ даннаго явленія, выраженнымъ въ цѣлыхъ округленныхъ цифрахъ, черезъ точки съ одинаковыми значеніями проводятъ согласныя кривыя, совокупность которыхъ будетъ давать наглядно географическое распредѣленіе разсматриваемаго явленія по земной поверхности. Смотря по характеру явленія, проведенныя кривыя получаютъ разныя названія. Напримѣръ, кривыя равной солености называются—изогалины. Если затѣмъ полса между изогалинами затушевать разными тонами или разными оттѣнками красокъ, то карта получитъ еще бо́льшую наглядность.

Первое примѣненіе такого способа выраженія географическаго распредѣленія къ физико-географическимъ явленіямъ природы было сдѣлано въ самомъ началѣ XIX ст. А. Гумбольдтомъ, составившимъ первыя карты изотермъ воздуха. Выше въ главѣ о глубинахъ было указано, что родоначальникомъ подобнаго пріема выраженія явленій былъ Бюашъ.

Вышеописанный способъ составленія картъ распредѣленія какого-либо явленія по поверхности океановъ отличается еще нѣкоторою подробностью, которая выше не была указана. Такъ какъ поверхность океановъ не имѣетъ никакого рельефа, подобнаго тому, какой существуетъ на сушѣ, и по своимъ физическимъ свойствамъ вода весьма однородна, то возможно при обработкѣ наблюденій, произведенныхъ на поверхности океановъ, допускать, что нѣкоторое не очень большое пространство его поверхности совершенно однородно по отношенію ко всѣмъ явленіямъ, наблюдаемымъ въ этихъ предѣлахъ. Какую величину для такого пространства можно допустить безъ ущерба точности, необходимо каждый разъ обсудить примѣнительно къ имѣющемуся матеріалу. Для открытаго океана обыкновенно допускаютъ 5° трапеціи; т.-е. поверхность океана меридіанами и параллелями дѣлится на трапеціи черезъ 5° по широтѣ и долготѣ, и поверхность такой трапеціи признается совершенно однородною по своимъ физическимъ свойствамъ, а потому, гдѣ бы въ ея предѣлахъ ни было сдѣлано наблюденіе какого-либо явленія, напр., солености, проходившимъ здѣсь кораблемъ, оно принимается какъ бы произведеннымъ въ центральной точкѣ трапеціи, относится къ ней и обрабатывается по отношенію къ ней. Съ этою цѣлью наблюденія всѣхъ судовъ, какія имѣются въ распоряженіи для данной части или всего океана, распредѣляются прежде всего по широтамъ и долготамъ мѣстъ наблюденій и изъ нихъ выбираются для каждой трапеціи соотвѣтственныя данныя (напр., для трапеціи 35°—40° с. ш. и 20°—25° з. долг. отъ Гринича берутся наблюденія, произведенныя въ предѣлахъ этихъ широтъ и долготъ).

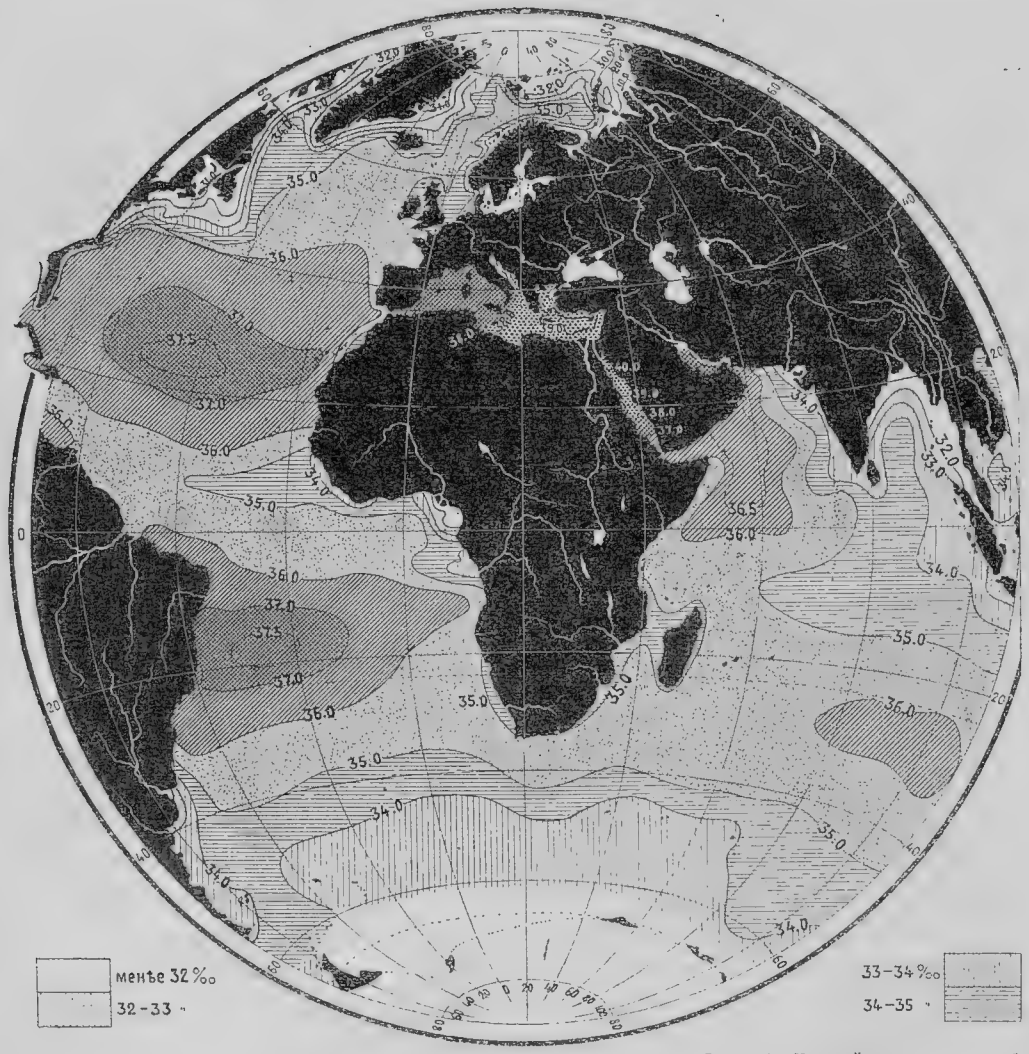
Затѣмъ, если наблюденій много, то ихъ распредѣляютъ по мѣсяцамъ года, не обращая вниманія на то, что они сдѣланы въ разные годы, и обрабатываютъ каждый мѣсяцъ, выводя среднюю мѣсячную величину явленія, которую и приписываютъ центральной точкѣ трапеціи. Если матеріала не много, то прямо выводятъ среднюю годовую величину. Въ первомъ случаѣ можно будетъ построить ежемѣсячныя карты распредѣленія даннаго явленія, а во второмъ—только годовыя. Съ этою цѣлью между числами, полученными для центральныхъ точекъ трапеціи, производятъ то интерполированіе, о которомъ сказано выше, и потомъ черезъ точки съ одинаковыми округленными величинами съ желаемою подробностью вычерчиваютъ согласныя кривыя. Такъ же можно построить и годовыя карты для любого года отдѣльно.

Общій характеръ распредѣленія солености по поверхности океановъ изложенъ выше, но такъ какъ каждый изъ трехъ океановъ отличается нѣкоторыми особенностями, обусловливаемыми мѣстными причинами, поэтому и распредѣленіе солености по ихъ поверхности нѣсколько отличается другъ отъ друга; эти особенности изложены далѣе.

Въ штилевыхъ полосахъ *Атлантическаго* и *Тихаго* океановъ (фиг. 46) соленость понижается, въ первомъ до 35‰, а во второмъ даже до 34‰. Въ пассатныхъ полосахъ соленость доходитъ въ Атлантическомъ океанѣ до 37,9‰ къ западу отъ Азорскихъ о-въ въ области NE пассата и до 37,6‰ въ области SE пассата къ востоку отъ Бразиліи; пространство къ западу отъ Азорскихъ о-въ есть область съ самою высокою соленостью во всемъ Міровомъ океанѣ. Въ Тихомъ океанѣ въ пассатахъ въ сѣверномъ полушаріи соленость около 35,9‰, а въ южномъ 36,9‰. Такимъ образомъ въ Атлантическомъ океанѣ соленость больше въ области NE пассата, а въ Тихомъ въ области SE пассата.

Далѣе къ полярнымъ областямъ въ Тихомъ океанѣ въ обоихъ полушаріяхъ соленость убываетъ довольно равномѣрно, и изогалины вездѣ расположены близко къ параллелямъ, кромѣ прибрежныхъ частей океана.

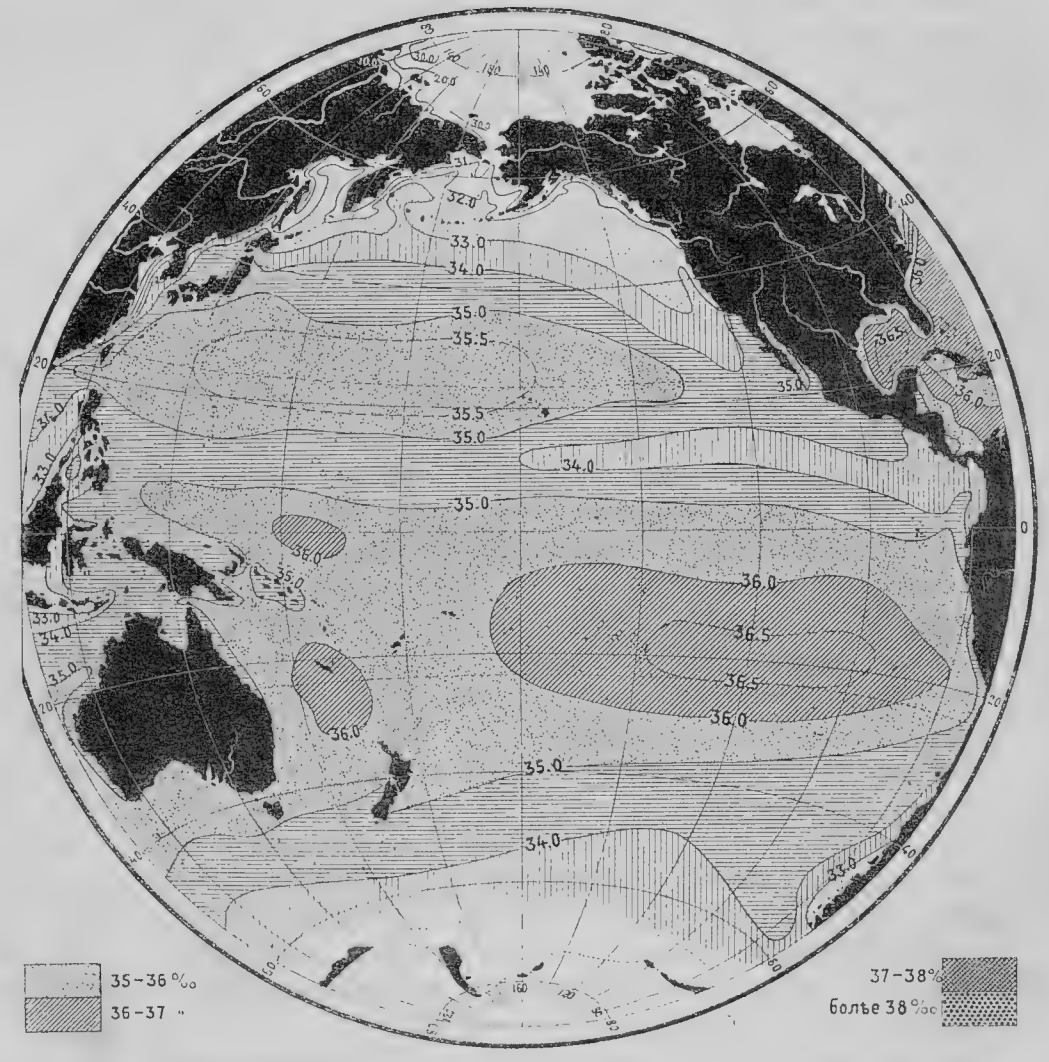
Въ Атлантическомъ океанѣ въ южномъ полушаріи наблюдается такое же распредѣленіе солености, какъ и въ Тихомъ, изогалины здѣсь правильно расположены, и соленость убываетъ къ югу. Въ сѣверномъ полушаріи это происходитъ совершенно иначе. Начиная отъ пассатной полосы, распредѣленіе солености находится въ сильной зависимости отъ теченій: Гольфстрима и холодныхъ полярныхъ. Вслѣдствіе встрѣчи къ востоку и къ югу отъ Нью-Фаундленда холоднаго Лабрадорскаго теченія, несущаго много льдовъ, съ Гольфстримомъ, обладающимъ водою большой солености, идущей съ юга, въ этой области океана изогалины очень близко сдвинуты; соленость на небольшомъ разстояніи измѣняется значительно. Далѣе къ сѣверо-востоку изогалины идутъ подъ угломъ



Фиг. 41. Географическое распредѣленіе

45 къ параллелямъ, и область большой солености (около 34,0‰) проникаетъ далеко на сѣверъ до 80° с. ш. по западную сторону Шпицбергена и до Новой Земли на востокѣ. Эти соленыя воды суть вѣтви Гольфстрима. Нигдѣ въ Міровомъ океанѣ въ другомъ мѣстѣ нѣтъ столь большихъ соленостей въ такихъ высокихъ широтахъ.

Въ Индійскомъ океанѣ, въ его южной половинѣ (къ югу отъ



солености на поверхности океановъ.

10° ю. ш.), распредѣленіе солености одинаково съ южными частями другихъ океановъ. Наибольшая соленость и здѣсь наблюдается въ области SE пассата, гдѣ она достигаетъ 36,4‰. Къ сѣверу же отъ 10° ю. ш. правильное распредѣленіе солености нарушается мѣстными причинами, материкомъ Азіи и муссонными теченіями. Здѣсь область наибольшей солености лежитъ между экваторомъ и Аравіей, достигая до 36,5‰.

Такимъ образомъ и въ Индійскомъ океанѣ, такъ же, какъ въ Атлантическомъ, наибольшая соленость встрѣчается въ сѣверномъ полушаріи. Все пространство океана къ сѣверу отъ 10° ю. ш. (и даже 15° ю. ш.) и къ востоку отъ меридіана Остъ-Индіи до Зондскаго архипелага — отличается малою соленостью отъ 35,0‰ до 33‰ и даже 32‰ на сѣверѣ и востокѣ Бенгальскаго залива

Сравненіе средней солености на поверхности трехъ океановъ, между широтами 60° с. и ю., даетъ слѣдующія величины:

	Сѣверный.	Южный.	Весь.
Атлантическій океанъ . .	35,8‰	35,0‰	35,4‰
Тихій „ . .	34,6	35,1	34,9
Индійскій „ . .	35,0	34,7	34,8
Міровой „ . .	—	—	35,0

Отсюда видно, что Атлантическій океанъ не только отличается наибольшею крайнею соленостью, какъ это было указано выше, но и въ среднемъ соленость на его поверхности выше, нежели въ другихъ океанахъ. Причиною большей солености Атлантическаго океана являются два обстоятельства: во-первыхъ, его сравнительная большая континентальность; онъ уже двухъ другихъ океановъ, особенно въ области пассатныхъ вѣтровъ, которые къ тому же въ среднемъ за годъ дуютъ здѣсь свѣжѣе, нежели въ двухъ другихъ океанахъ; NE пассатъ здѣсь особенно сухъ, дуя отъ Сахары. Во-вторыхъ *), вслѣдствіе отсутствія горныхъ цѣпей по берегамъ Атлантическаго океана, воздухъ съ его поверхности уходитъ далеко во внутрь континентовъ, унося съ собою и пары, которые конденспруются и выпадаютъ атмосферными осадками на громаднѣйшемъ пространствѣ всего бассейна Атлантическаго океана (около 50% всей суши), а также и обширныхъ внутреннихъ бассейновъ, безъ стока въ океанъ, которыми особенно богаты материки Стараго свѣта (см. стр. 7, фиг. 6 — области внутреннихъ бассейновъ), куда главнымъ образомъ и уносятся пары съ Атлантическаго океана движеніемъ атмосферы къ востоку въ верхнихъ слояхъ ея. Изъ области бассейна Атлантическаго океана рѣками возвращается въ океанъ только часть выпавшей на материкахъ воды, а изъ области внутреннихъ бассейновъ въ океанъ ничего не возвращается. Такимъ образомъ часть воды, испаряющейся съ поверхности Атлантическаго океана, уходитъ изъ круговорота атмосферной влаги надъ этимъ океаномъ, тѣмъ самымъ увеличивая его среднюю соленость на поверхности.

*) Согласно объясненію А. И. Воейкова (см. „Зап. по Гидр.“, т. XXXVI).

Распредѣленіе солености на поверхности морей.— Соленость на поверхности морей можетъ быть и больше и меньше, нежели въ океанахъ, это зависитъ отъ совокупности условій, въ которыхъ находится данное море. Первая причина, вліяющая на соленость морей, есть болѣе или менѣе широкое сообщеніе ихъ съ океаномъ; чѣмъ сообщеніе свободнѣе, тѣмъ и соленость на поверхности моря менѣе отличается отъ океанской. Потому-то соленость окраинныхъ морей всегда ближе къ океанической, а внутреннихъ—дальше.

Если данное внутреннее море лежитъ въ притропической области, окружено сухими странами, имѣетъ мало впадающихъ въ него рѣкъ и получаетъ малое количество осадковъ, потому что окружено сухими странами, то соленость на его поверхности будетъ больше океанской и въ исключительныхъ случаяхъ можетъ дойти до очень значительной величины.

Если же внутреннее море лежитъ въ умѣренной полосѣ или въ полярной, окружено странами, изобилующими осадками, и принимаетъ много притоковъ, то соленость его будетъ менѣе океанской и иногда даже весьма значительно.

Примѣрами перваго рода внутреннихъ морей съ соленостью больше океанской являются: Средиземное, Красное и Персидскій заливъ.

Средиземное море съ юга окаймлено очень сухими странами, съ которыхъ порою дуютъ надъ моремъ горячіе вѣтры. Испареніе велико, потому что море расположено въ субтропической полосѣ; сообщеніе съ океаномъ узкое и только на одномъ концѣ моря; рѣкъ впадаетъ очень мало, значительныхъ только три: Нилъ, Рона и По; осадковъ выпадаетъ немного, и въ результатѣ соленость на поверхности моря больше океанской уже у Гибралтарскаго пролива. Въ западной части моря, до Сициліи, соленость 37—38‰, а въ восточной—38‰ и даже 39‰ и немного болѣе.

Красное море лежитъ между самыми жаркими и самыми сухими странами земного шара, въ него не впадаетъ ни одной рѣки, и сообщеніе его съ океаномъ образуетъ узкій Бабъ-эль-Мандебскій проливъ. Уже на югѣ соленость — 37‰, постепенно увеличиваясь, она доходитъ на сѣверѣ до 41‰.

Персидскій заливъ также является моремъ съ соленостью больше океанской. Въ среднемъ за годъ его соленость больше 39‰ въ сѣверной и средней частяхъ и больше 37‰ въ южной части.

Примѣромъ внутреннихъ морей съ соленостью меньше океанской могутъ служить моря: Черное, Азовское, Мраморное, Балтійское и Бѣлое.

Черное море находится въ условіяхъ, способствующихъ опрѣсненію его поверхности. Сообщеніе его съ другими морями узкое и неглубокое, въ сѣверо-западную часть его впадаютъ четыре большія рѣки, а черезъ Керченскій проливъ выносятся воды мало соленаго Азовскаго моря. Вдоль Кавказскаго побережья тоже существуетъ большой притокъ прѣсной воды. Въ то же время испареніе въ среднемъ за годъ меньше, нежели въ Средиземномъ морѣ, а осадковъ выпадаетъ больше; въ результатѣ соленость на поверхности Чернаго моря болѣе чѣмъ въ два раза меньше, нежели въ Средиземномъ; въ сѣверо-западной части моря соленость около 17,0‰, отсюда на югъ къ средней части моря она увеличивается и доходитъ до 18,5‰.

Азовское море есть совершенно распрѣсненный бассейнъ. Соленость его по серединѣ моря колеблется отъ 10,5‰ до 12‰, а къ берегамъ она убываетъ до 9,3‰. Наибольшая соленость въ юго-зап. углу моря.

Мраморное море по солености на поверхности занимаетъ промежуточное мѣсто; оно болѣе соленое, нежели Черное, и менѣе, нежели Средиземное. Наибольшая соленость встрѣчается около Дарданеллъ, гдѣ она отъ 25,0‰ до 24,5‰, а наименьшая—около Босфора 21,0—20,0‰. Такое распредѣленіе солености на поверхности совершенно понятно; теченіе изъ Чернаго моря приноситъ болѣе прѣсную воду, которая, разливаясь, какъ болѣе легкая, по поверхности моря, постепенно смѣшивается съ болѣе соленою водою Мраморнаго моря, питаемаго изъ Средиземнаго моря теченіемъ по дну Дарданелльскаго пролива. Кромѣ того и испареніе въ Мраморномъ морѣ большее вслѣдствіе болѣе жаркаго климата, а значительныхъ притоковъ нѣтъ вовсе.

Балтійское море представляетъ крайній примѣръ опрѣсненія. Въ Бельтахъ соленость на поверхности сильно колеблется въ зависимости отъ вѣтровъ. При восточныхъ вѣтрахъ соленость убываетъ до 10‰, а при продолжительныхъ западныхъ вѣтрахъ она увеличивается до 20—22‰. Къ югу отъ проливовъ въ Балтійскомъ морѣ у береговъ Шлезвига—16‰, а къ югу отъ Зунда—12‰. Къ востоку отъ линіи Зундъ—о-въ Рюгенъ соленость уже 8—7‰, а къ востоку отъ о-ва Борнгольма 7—7,5‰. Между Готландомъ, берегами Россіи и Аландскими о-ми соленость уже 6—6,7‰. Въ Ботническомъ заливѣ соленость убываетъ съ юга на сѣ-

веръ; область солености 5‰ простирается до Кваркена, сѣвернѣе она уменьшается до 3‰ и даже 2‰, а весною, послѣ таянія снѣговъ и меньше. Въ Финскомъ заливѣ область солености 5‰ доходитъ только до трети длины залива, а вдоль южнаго берега нѣсколько дальше. По серединѣ залива соленость 4,5‰, а между Красной Горкой и Біерке 2‰. Вообще соленость у восточныхъ и южныхъ береговъ залива больше, нежели у западныхъ и сѣверныхъ.

Такое распредѣленіе солености обусловливается большимъ притокомъ прѣсныхъ водъ, большимъ количествомъ атмосферныхъ осадковъ, малымъ испареніемъ и узкимъ и мелкимъ сообщеніемъ съ океаномъ черезъ посредство Нѣмецкаго моря, которое и само обладаетъ соленостью меньшею, нежели въ океанѣ.

Бѣлое море отличается также меньшими соленостями, нежели океанскія у береговъ Мурмана. Въ Горлѣ Бѣлаго моря соленость около 33‰, далѣе къ югу она убываетъ, и въ средней части моря, гдѣ лежитъ область большихъ глубинъ, соленость отъ 25‰ до 26‰ (26,11); на югѣ Двинскаго залива она уменьшается до 19‰

Въ моряхъ окраинныхъ соленость на поверхности всегда мало отлпчается отъ океанской, какъ это уже было указано выше.

Напримѣръ, въ *Нѣмецкомъ* морѣ соленость на поверхности, начиная отъ 34,5‰ у береговъ Великобританіи и Ютландіи, увеличивается къ центральной части моря и посреди его достигаетъ 35,0‰. Между Англіей, Голландіей и Бельгіей опять пролегаетъ полоса большой солености до 35,1‰, проникающая сюда узкою полосою изъ Ламанша. Ближе къ берегамъ Ютландіи и Норвегіи соленость убываетъ до 32,0‰, а въ Скагерракѣ такая соленость встрѣчается только въ южной его части до мыса Скагена; на сѣверѣ, къ Норвегіи, она убываетъ до 30‰ и даже 28‰ на сѣверо-востокѣ пролива. Въ Каттегатѣ, около мыса Скагена, соленость 30‰, а затѣмъ она быстро убываетъ и при входѣ въ Бельты и Зундъ всего 18—16‰.

Японское море имѣетъ на поверхности соленость по большей части около 34,0‰, съ приближеніемъ къ материку Азіи соленость убываетъ до 33,0‰, а къ югу она увеличивается до 34,5‰.

Въ *Охотскомъ* морѣ соленость на поверхности около 32,1‰, т.-е. близкая къ той, какая встрѣчается въ Тихомъ океанѣ у Курильскихъ острововъ, гдѣ она около 32,5‰.

Въ *Каспійскомъ* морѣ соленость распредѣлена очень равномѣрно.

Вся средняя часть моря, начиная отъ входа въ заливъ Цесаревича до о-ва Ашуръ-Аде на югѣ, имѣетъ весною соленость около 12,25—12,60‰; лѣтомъ соленость тутъ увеличивается до 15‰. Узкая полоса моря, прилегающая къ Кавказскому берегу, имѣетъ меньшую соленость: около 11—12‰, при чемъ противъ устьевъ р. Куры соленость падаетъ до 6—7‰ и у самаго впаденія рѣки даже и ниже 1‰. Начиная отъ Дербента вдоль берега на сѣверъ идетъ полоса солености отъ 1‰ до 10‰, а устье дельты Волги окаймлено широкою полосою (миль 20) малой солености, менѣе 1‰.

Соединяющійся съ Каспійскимъ моремъ узкимъ проливомъ обширный заливъ *Карабугазъ* обладаетъ громадною соленостью, почти подходящею въ солености самосадочныхъ озеръ. Его соленость на поверхности—163,98‰; при этой солености составъ его воды таковъ, что на днѣ залива отложился мощный слой глауберовой соли.

Аральское м. имѣетъ незначительную соленость отъ 10‰ до 12,9‰ *).

Географическое распредѣленіе плотности морской воды по поверхности океановъ. —Плотностью морской воды, какъ выше указано, называется ея удѣльный вѣсъ при той температурѣ, какою она обладала въ природѣ на мѣстѣ ея нахожденія, отнесенный къ дистиллированной водѣ при температурѣ 4°. Плотность морской воды принято въ настоящее время выражать греческою буквою σ_t. Первая картина распредѣленія плотности на поверхности океановъ дана Э. Ленцемъ послѣ его плаванія на шлюпѣ *Предпріятіе*.

Въ разныхъ мѣстахъ океановъ плотность на поверхности измѣняется въ предѣлахъ между 1,0275—1,0220. На прилагаемой картѣ (фиг. 42) видно, что въ тропическихъ областяхъ океановъ встрѣчается наименьшая плотность, а въ высокихъ широтахъ она достигаетъ наибольшей величины. Если сравнить карту распредѣленія солености съ таковой же распредѣленія плотности морской воды, то окажется, что онѣ совершенно непохожи одна на другую. Если же взглянуть на карту распредѣленія температуры воды на поверхности, помѣщенную далѣе (см. фиг. 54, стр. 134—135), то не трудно замѣтить большое сходство между нею и картою распредѣленія плотности. Отсюда видно, что на распредѣленіе плотности и вообще на плотность морской воды температура воды имѣетъ большее вліяніе, нежели ея соленость. Потому и географическое распредѣленіе

*) Хотя Каспійское и Аральское моря суть только наибольшія озера въ мірѣ, но, въ виду ихъ значительности, а также и того, что они были изслѣдованы русскими учеными и экспедиціями, здѣсь приведены главнѣйшія о нихъ данныя.

плотностей морской воды на поверхности океановъ находится въ зависимости отъ распредѣленія температуры воды, а не солености.

Сжимаемость воды и давленіе на глубинахъ. — Вода вообще и морская вода въ частности обладаетъ нѣкоторою *сжимаемостью*. Коэффиціентъ сжимаемости дистиллированной воды выражается величиною 0,0000490; для морской воды онъ разный при различныхъ соленостяхъ, именно съ увеличеніемъ солености онъ уменьшается; такъ при солености 35‰ коэффиціентъ сжимаемости равенъ 0,0000442. Коэффиціентъ сжимаемости находится въ зависимости и отъ величины давленія и отъ температуры.

Вслѣдствіе сжимаемости морской воды нѣкоторый объемъ ея при томъ же химическомъ составѣ и при той же температурѣ будетъ имѣть на разныхъ глубинахъ различную плотность, тѣмъ бо́льшую, чѣмъ значительнѣе глубина. Если, напримѣръ, плотность на поверхности равна 1,02810, то она будетъ слѣдующая на глубинахъ:

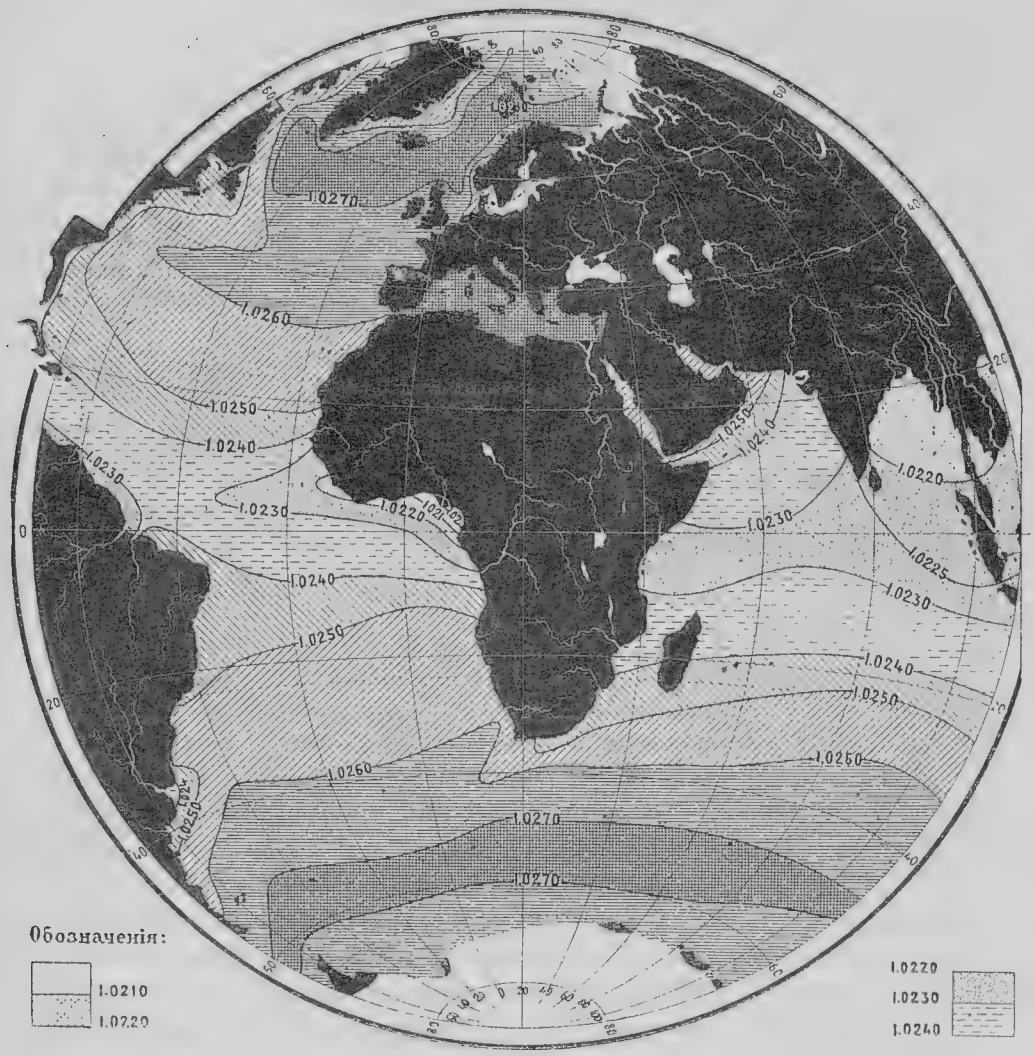
Глубины въ метрахъ . . . —	100	1.000	3.000	6.000	10.000
Плотность . . . . . —	1,02856	1,03274	1,04222	1,05694	1,07758

Такимъ образомъ, при изученіи распредѣленія плотностей на глубинахъ въ океанѣ, необходимо принимать во вниманіе сжимаемость морской воды; распредѣленіе же плотностей на глубинахъ имѣетъ значеніе для возникновенія теченій.

Другое послѣдствіе сжимаемости морской воды есть нѣкоторое сжатіе всего слоя воды въ океанахъ. Если принять среднюю глубину *мірового* океана равной 3.700 м. и вычислить объемъ слоя воды, который получился бы, если бы вода была абсолютно несжимаема, то окажется, что объемъ *Мірового* океана долженъ былъ бы тогда быть больше на 11.000.000 куб. кил. Если эти 11 милліоновъ распредѣлить на всю поверхность *Мірового* океана (361 милл. кв. к.), то получится слой воды въ 30 метровъ толщиною, т.-е. уровень Мірового океана при существующихъ условіяхъ лежитъ на эту величину ниже, и такимъ образомъ, благодаря сжимаемости морской воды, прибрежная полоса континентовъ нѣкоторой ширины находится выше уровня океана, увеличивая тѣмъ самымъ общую поверхность суши.

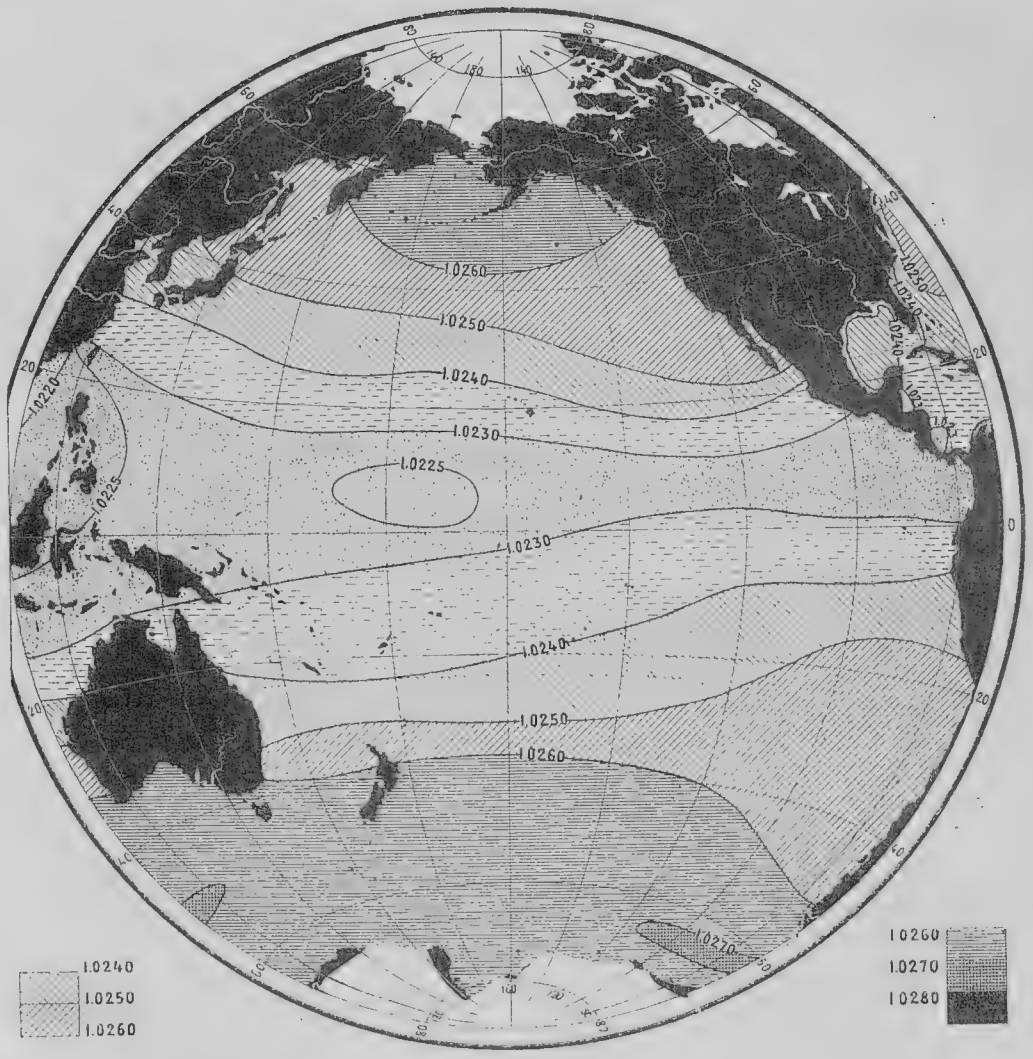
Давленіе съ глубиною въ океанѣ возрастаетъ почти пропорціонально глубинѣ; на каждыя 10 м. приблизительно по одной атмосферѣ. Такимъ образомъ на 9.000 м. давленіе равняется приблизительно 900 атмосферамъ, а на 10.000 м.—1.000 атмосферамъ (точнѣе, на 9.000 м. давленіе—915 атм., а на 10.000 м.—1.119 атм.).

Распредѣленіе солености и плотности на глубинахъ океановъ и морей. — *Океаны.* — Всѣ матеріалы, собранные отъ начала океанографическихъ изслѣдованій (*Challenger*—1872 г.) по вопросу о распредѣленіи солености и плотности на глубинахъ, далеко еще не достаточны для составленія яснаго и удовлетворяющаго современнымъ требованіямъ понятія о вертикальномъ распредѣленіи этихъ элементовъ въ океанахъ. Причиною тому служатъ два обстоятельства: наблюденія на глубинахъ могутъ производить только спеціально снаряженныя экспедиціи, а таковыхъ немного сравнительно съ общимъ числомъ судовъ, плавающихъ въ океанахъ и производящихъ наблюденія на поверхности, что̀ дѣлается безъ остановки судна. Второю причиною недостаточности имѣющихся матеріаловъ является ихъ разновременность и неодинаковость примѣнявшихся способовъ изслѣдованія, выработанныхъ только за послѣднія десять лѣтъ.



Фиг. 42. Географическое распредѣленіе

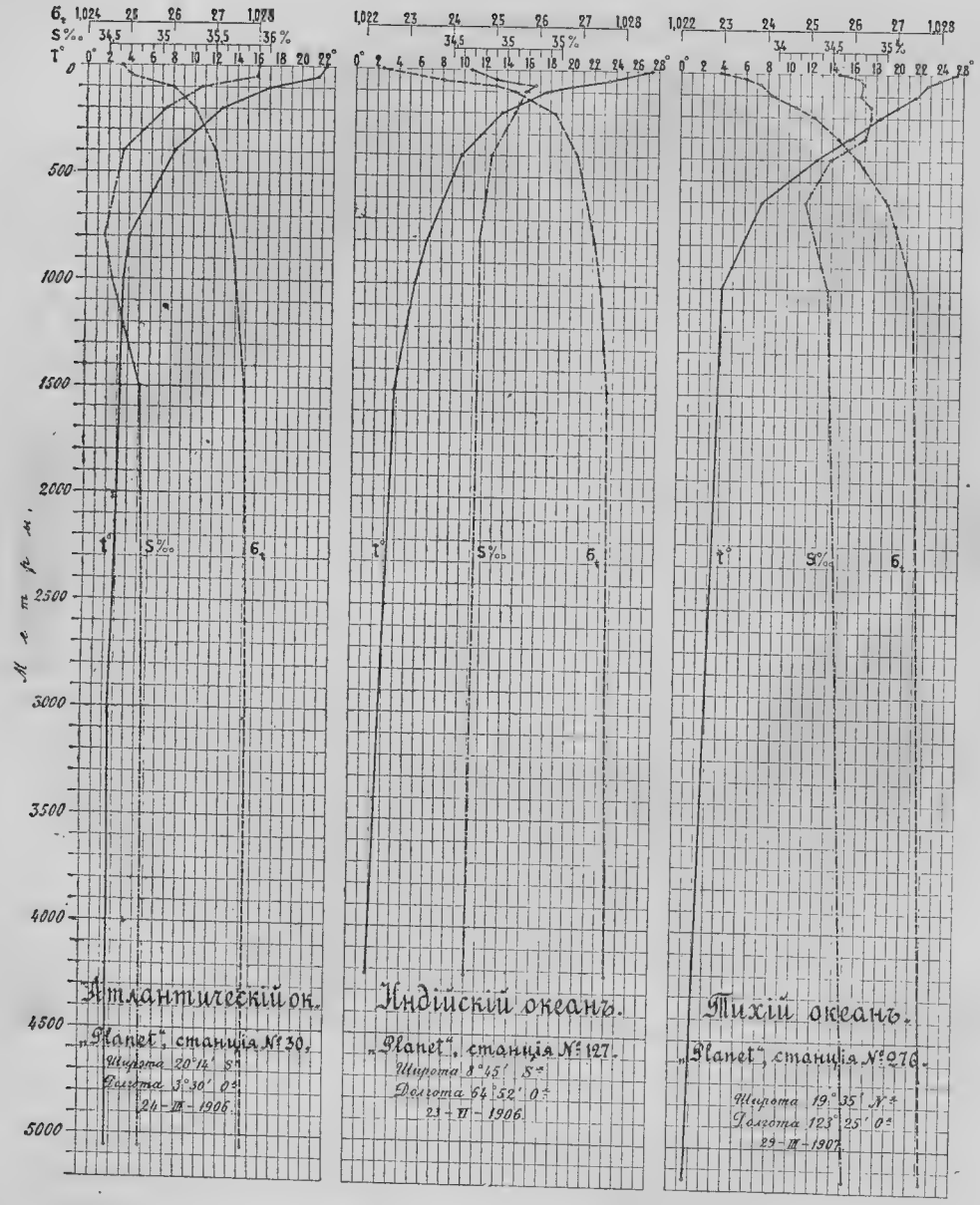
Насколько возможно судить на основаніи имѣющихся данныхъ, вертикальное распредѣленіе солености въ океанахъ имѣетъ замѣтныя колебанія только въ верхнемъ слоѣ до 1.000 метровъ; ниже эти измѣненія солености становятся очень невелики. Сказанное хорошо видно на прилагаемомъ чертежѣ (рис. 43), гдѣ представленъ характеръ вертикальнаго распредѣленія солености, плотности и температуры на трехъ



плотности по поверхности океановъ.

станціяхъ германской океанографической экспедиціи на суднѣ *Planet* въ 1906—1907 гг. въ Атлантическомъ, Индійскомъ и Тихомъ океанахъ; наблюденія, послужившія для построенія графика, произведены современными пріемами.

На другомъ чертежѣ (рис. 44) данъ вертикальный разрѣзъ Атлантическаго океана съ сѣвера на югъ вдоль восточной половины океана;

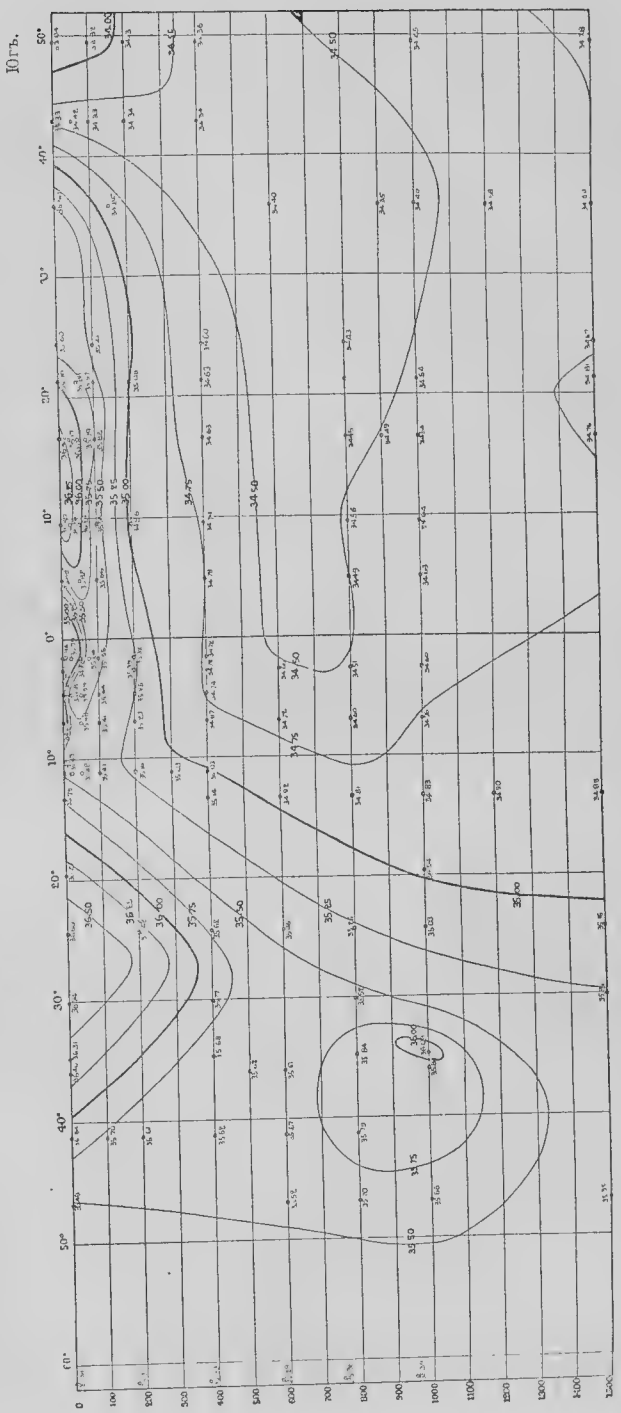


Фиг. 43. Распредѣленіе солености, плотности и температуры на глубинахъ океановъ.

изображающій распредѣленіе солености въ слоѣ до глубины въ 1.500 м. (построенъ на основаніи наблюденій *Planet*). Здѣсь также хорошо видно,

что до 1.000 м. встрѣчаются замѣтныя измѣненія въ вертикальномъ распредѣленіи солености, а глубже они сглаживаются.

Около экватора (см. чертежъ фиг. 44) лежитъ тонкій слой малой солености, меньше 35,0‰, нѣсколько сдвинутый къ сѣверу. Въ пассатныхъ полосахъ къ сѣверу и къ югу отъ экватора лежатъ области съ большими соленостями, выше 36,0‰; въ сѣверномъ полушаріи эта область и шире по меридіану и глубже, и солености въ ней выше. Между 40° и 30° с. ш. на глубинахъ отъ 800 до 1.100 м. замѣчается отдѣльная область повышенной солености, 36,0‰ и больше; она есть послѣдствіе подводнаго теченія водъ большой солености, вытекающихъ изъ Средиземнаго моря черезъ Гибралтарскій проливъ (*Planet* проходилъ



Фиг. 44. Распредѣленіе солености на глубинахъ Атлант. ок. между 60° с. ш. и 50° ю. ш. и между меридианами 22°30′ з. д. и 29°16′ в. д. Январь—Апрѣль 1906 г.

очень близко отъ пролива). Въ южномъ полушаріи на разрѣзѣ видна обширная область малой солености (34,50‰ и меньше), выходящая на поверхность между 40° и 50° ю. ш. Она на глубинахъ между 600—800 м. распространяется на сѣверъ далѣе экватора; это указываетъ, что на глубинахъ существуетъ въ этомъ мѣстѣ медленное передвиженіе водъ съ юга на сѣверъ. Подобную же картину вертикальнаго распредѣленія солености даютъ меридіанальные разрѣзы и для Индійскаго и для Тихаго океановъ, почему они и не приведены здѣсь.

Распредѣленіе на глубинахъ плотности видно на чертежѣ (фиг. 43), гдѣ кривыя плотности морской воды σ_t приближаются своими очертаніями къ кривымъ температуръ, а не соленостей; т.-е. и здѣсь замѣчается бо́льшая зависимость плотности отъ температуры, нежели отъ солености, какъ это было уже указано выше при изученіи распредѣленія плотности по поверхности.

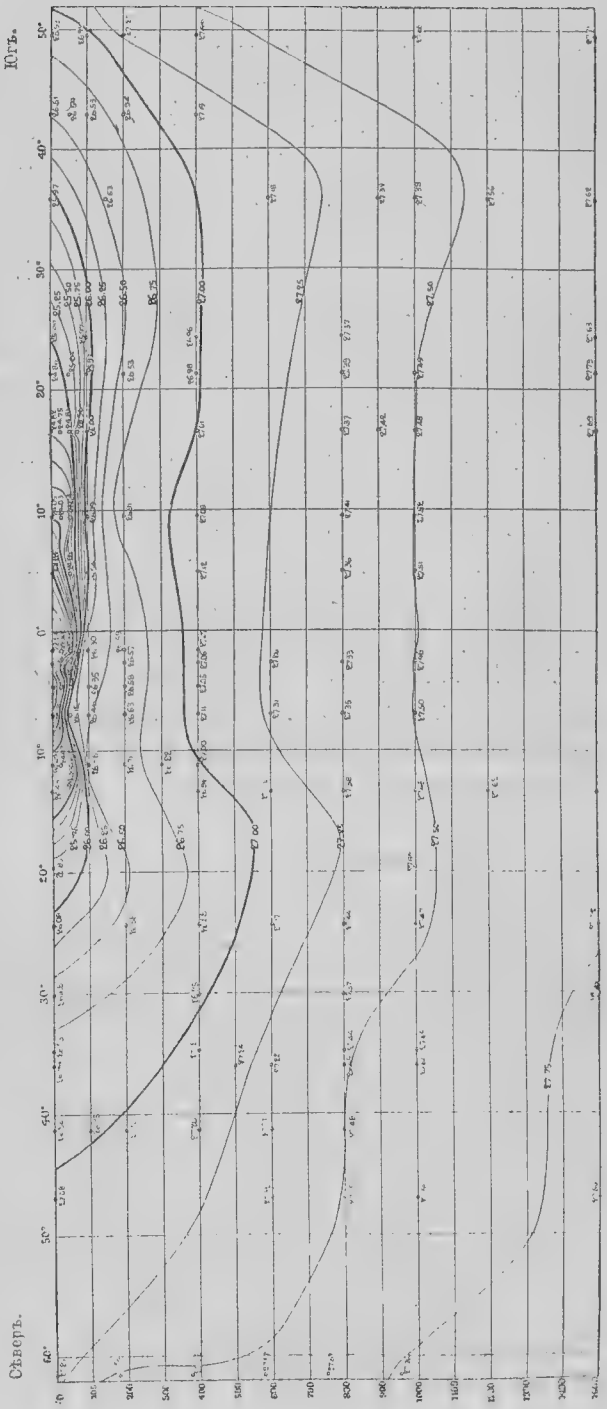
На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 45) данъ разрѣзъ Атлантическаго океана съ сѣвера на югъ, изображающій вертикальное распредѣленіе плотности въ этомъ океанѣ. Изъ сравненія его съ разрѣзомъ для солености (фиг. 44) видно отсутствіе сходства между ними; если же разрѣзъ, изображающій плотность, сравнить съ такимъ же разрѣзомъ для температуры (см. фиг. 58, стр. 146), то между распредѣленіями плотности и температуры на глубинахъ окажется полное сходство.

Моря. — Вертикальное распредѣленіе солености въ моряхъ находится въ зависимости отъ ея величины на поверхности ихъ и отъ характера подводнаго соединенія моря съ близлежащими частями океановъ. На глубинахъ морей обыкновенно распредѣленіе солености равномѣрнѣе въ горизонтальномъ направленіи, нежели на поверхности, и, чѣмъ море глубже, тѣмъ, съ удаленіемъ отъ поверхности, и распредѣленіе солености однообразнѣе. Въ моряхъ въ большей части случаевъ соленость ($S‰$) и плотность (σ_t) съ глубиною увеличиваются, иногда очень незначительно, иногда болѣе замѣтно. Для примѣра достаточно указать на нѣкоторыя европейскія моря.

Средиземное море совершенно отдѣлено на глубинахъ отъ Атлантическаго океана (въ Гибралтарскомъ проливѣ 360 м. = 200 м. с.) и обладаетъ на поверхности большею соленостью, нежели въ Атлантическомъ океанѣ въ широтѣ Гибралтарскаго пролива. Слѣдовательно зимою, когда температуры на поверхности моря ниже, нежели въ соотвѣтствующихъ широтахъ Атлантическаго океана, поверхностныя воды моря, при

своей большой солености и пониженіи температуры, пріобрѣтаютъ большую плотность и опускаются въ глубину моря. Потому Средиземное море имѣетъ свои глубины заполненными водою значительной солености. Въ самой восточной части моря, гдѣ соленость на поверхности выше 39‰, съ глубиною она немного убываетъ (до 38,7‰). Плотность здѣсь возрастаетъ съ глубиною отъ 1,02615 на поверхности до 1,02908 въ придонномъ слоѣ.

Въ средней и въ западной частяхъ моря, гдѣ на поверхности соленость колеблется отъ 37‰ до 38‰, она увеличивается съ глубиною до 38,4‰—38,6‰. Плотность же измѣняется здѣсь съ глубиною слѣдующимъ образомъ. Отъ 1,02568 на поверхности до 1,02905 въ придонномъ слоѣ.



Фиг. 42. Распредѣленіе плотности на глубинахъ Атлант. ок. между 60° с. ш. и 50° ю. ш. и между меридіанами 23°30′ з. д. и 20°10′ в. д., Январь—Апрѣль 1906 г.

Мраморное море на поверхности имѣетъ соленость отъ 25,0‰ до 20,0‰, съ глубиною она вездѣ увеличивается; на 25 м. (13,7 м. с.) соленость уже 30‰, а начиная со 100 м. глубины (55 м. с.) и до дна соленость возрастаетъ отъ 38‰ до 38,8‰, т.-е. на большихъ глубинахъ она такая же, какъ и въ части Средиземнаго моря, примыкающей къ Дарданелламъ. Плотность на поверхности моря около 1,01329, а въ придонныхъ слояхъ она больше — около 1,02884. Отсюда видно, что вся глубокая котловина Мраморнаго моря заполнена тяжелою водою, пришедшею изъ Средиземнаго моря по дну Дарданелльскаго пролива (70—90 м. глубины), а поверхностный, мало соленый и мало плотный слой воды образуется вслѣдствіе распрѣсненія его водою поверхностнаго теченія, идущаго черезъ Босфоръ изъ Чернаго моря.

Черное море отличается подобнымъ же вертикальнымъ распредѣленіемъ солености. Начиная отъ 17‰—18‰ на поверхности соленость увеличивается до 20‰ на глубинѣ 100 м. (54 м. с.) и отсюда до дна (2.190 м.= 1.200 м. с.) медленно возрастаетъ до 22,5‰. Плотность отъ 1,0080 на поверхности увеличивается съ глубиною и въ придонномъ слоѣ доходитъ до 1,0173. Весь нижній болѣе соленый, плотный и мощный слой образованъ водою нижняго теченія, идущаго по дну Босфора (60 м.=33 м. с.) изъ Мраморнаго моря.

Азовское море, согласно недавнимъ изслѣдованіямъ, еще не опубликованнымъ, имѣетъ на глубинахъ воду большей солености, чѣмъ на поверхности, гдѣ соленость около 12‰, а съ глубиною она постепенно увеличивается и доходитъ въ придонномъ слоѣ до 16‰.

Нѣмецкое море вездѣ въ придонномъ слоѣ заполнено водою солености не менѣе 34,6‰. Между Англіей и Голландіей соленость придоннаго слоя доходитъ до 35,1‰, а вдоль береговъ Скандинавіи, гдѣ проходитъ глубокій каналъ, огибающій съ юга Норвегію и заходящій въ Скагеррakъ, тамъ придонные слои обладаютъ солепостью до 35,1—35,2‰. Въ Каттегатѣ, начиная съ нѣкоторой глубины и до дна, проходитъ узкая полоса воды солености 34,0‰, она заходитъ къ югу до половины длины пролива. Отсюда-то, какъ далѣе указано, и проникаетъ время отъ времени болѣе соленая вода въ глубокіе слои Балтійскаго моря.

Балтійское море вездѣ на глубинахъ обладаетъ болѣе соленою водою, нежели на поверхности. Съ океанографической точки зрѣнія бассейнъ моря начинается собственно говоря только отъ линіи о-въ Зеландъ — о-въ Рюгенъ, между которыми существуетъ полоса малыхъ

глубинъ, обособляющая часть моря, лежащую къ западу отъ вышеупомянутой линіи и образующую такъ называемый Аркопскій бассейнъ.

Въ собственно Балтійскомъ морѣ, тамъ, гдѣ находятся болѣе глубокія котловины его (Борнгольмская, Готландская, Аландская и Ботническая), наблюдается *три* различныхъ слоя воды; верхній—распрѣсненный, мощностью около 40—60 м. (20—33 м. с.) и нижній, гораздо болѣе соленый; между ними происходитъ постоянное смѣшеніе, и такимъ путемъ постепенно образуется промежуточный слой воды меньшей солености, чѣмъ придонная тяжелая вода, но большей, чѣмъ вода поверхностнаго слоя.

Придонная вода питается притокомъ соленыхъ тяжелыхъ водъ изъ Каттегата; онѣ занимаютъ наибольшія глубины во всѣхъ котловинахъ моря и образуютъ тамъ до нѣкоторой степени застаивающуюся воду. Постепенно, при каждомъ новомъ приливѣ тяжелой воды извнѣ (главнымъ образомъ зимою), верхніе слои глубиннаго слоя, нѣсколько распрѣснившіеся отъ смѣшенія съ поверхностнымъ слоемъ, приподнимаются, и такимъ образомъ возникаетъ промежуточный слой, который такъ же, какъ и поверхностный, постепенно уходитъ изъ моря поверхностнымъ теченіемъ въ Каттегатъ и далѣе въ Нѣмецкое море.

Указанное вертикальное распредѣленіе слоевъ воды разнаго характера очень хорошо видно на слѣдующемъ примѣрѣ, взятомъ изъ изслѣдованій «Международной Комиссіи по изученію моря».

13—VII—1907 г.—Глубокая впадина къ востоку отъ Готланда.

Глубины. .	0	20	30	60	70	80	100	125	150	200	220	метр.
Соленость .	7,05	7,05	7,12	7,29	7,77	8,98	10,23	10,95	11,37	11,65	14,73	S‰
Плотность .	1,024,91	5.10	5.67	5.87	6.25	7.20	8.17	8.73	9.06	9.29	9.34	σ_t
	поверхностный				промежуточный			глубинный—слои.				

Причина, обусловливающая перемежающій характеръ проникновенія соленыхъ водъ изъ глубиннаго слоя въ Каттегатѣ въ Балтійское м., обнаружена недавно наблюденіями «Международной Комиссіи по изученію моря». Оказалось, что амплитуды приливовъ въ нижнемъ слоѣ воды Каттегата въ три раза больше, нежели въ верхнемъ распрѣсненномъ слоѣ, гдѣ онѣ около 20 сант. Нижнее теченіе въ Каттегатѣ несетъ болѣе соленую воду чрезъ Бельты въ Арконскій бассейнъ, когда во время прилива уровень соленыхъ глубокихъ водъ стоитъ выше. Нижнее теченіе имѣетъ наибольшую скорость въ придонномъ слоѣ и ясно выраженную годовую періодичность сильнѣе зимою (наиб. скор. въ Дек.), нежели лѣтомъ, обратно поверхностному теченію, которое имѣетъ наибольшую скорость лѣтомъ (Май—Авг.).

Соленая вода черезъ Бельты заполняетъ прежде всего глубины Арконскаго бассейна, и уже отсюда, послѣ переполненія его глубокихъ частей, она переходитъ въ Борнгольмскую котловину и затѣмъ, послѣ ея переполненія—въ Готландскую. Очевидно, чѣмъ дальше отъ Бельтовъ, тѣмъ обмѣнъ водъ глубокихъ слоевъ будетъ происходить медленнѣе и въ болѣе длинные промежутки времени.

Въ болѣе мелководныхъ мѣстахъ моря не существуетъ придоннаго слоя соленой и тяжелой воды.

Поверхностный слой имѣетъ на всемъ протяженіи моря до Финскаго залива толщину отъ 40 до 60 м. (21—33 м. с.) и соленость отъ 6‰ до 8‰; промежуточный же слой отъ 8‰ до 10‰, а глубинный, мощностью въ глубокихъ мѣстахъ до 100 м., имѣетъ воду большей солености на западѣ (т.-е. ближе къ источнику возобновленія ея); такъ къ востоку отъ о-ва Борнгольма соленость придонной воды 16‰, а въ Готландской впадинѣ уже 12‰.

Въ Финскомъ заливѣ въ придонномъ слоѣ, при входѣ, соленость около 9‰—10‰ и затѣмъ постепенно убываетъ къ востоку. На меридіанѣ Гогланда она отъ 6,5‰ до 7‰, а у Толбухина маяка на днѣ около 3‰—5‰.

Въ Ботническомъ заливѣ съ юга до Кваркена придонные слои имѣютъ соленость отъ 5‰ до 6‰; къ сѣверу же отъ Кваркена соленость убываетъ до 5‰ и 2‰.

Въ *Бѣломъ* морѣ на глубинахъ соленость больше, нежели на поверхности; въ глубокой части моря (послѣдняя тянется по широтѣ отъ Кандалакской губы къ вост. берегу моря) соленость на поверхности колеблется между 24‰—26‰. Ниже же слоя въ 50 м. (27 м. с.) соленость вездѣ въ глубокой части моря болѣе 28‰, а глубже—200 м. (109 м. с.) она больше 30‰, что для Бѣлаго моря представляетъ довольно значительную величину.

Въ *Каспійскомъ* морѣ соленость съ глубиною возрастаетъ, хотя и въ очень незначительныхъ размѣрахъ, а именно всего на нѣсколько десятыхъ долей S‰.

Въ придонныхъ слояхъ глубокой сѣверной котловины (къ сѣв. отъ паралл. Баку) соленость около 12,74‰ (на поверхности 12,49‰); въ южной же глубокой котловинѣ соленость около 12,68‰ (на поверхности 12,35‰).

Газы, находящіеся въ морской водѣ.—Вода обладаетъ способностью поглощать газы, съ которыми ея поверхность находится въ соприкосновеніи.

Поглощеніе газовъ водою происходитъ въ зависимости отъ *температуры* ея и *парціальнаго давленія* газовъ, послѣднее въ случаѣ, если надъ поверхностью воды находится смѣсь нѣсколькихъ газовъ, какъ это бываетъ въ природѣ при соприкосновеніи воды съ атмосфернымъ воздухомъ.

Температура оказываетъ большое вліяніе на величину поглощенія газовъ водою: чѣмъ температура ниже, тѣмъ вода поглощаетъ газовъ больше. Приблизительно вода поглощаетъ при 0° въ 2 раза больше кислорода и азота и въ 3 раза больше углекислоты, нежели при температурѣ 30°.

Парціальное давленіе атмосферныхъ газовъ различно. Отсюда вытекаетъ, что вода поглощаетъ изъ воздуха кислородъ и азотъ неравномѣрно, и если въ воздухѣ ихъ содержаніе выражается отношеніемъ 21 : 78, т.-е., округленно, какъ **1 : 4**; то въ водѣ при 15° тѣ же газы будутъ содержаться приблизительно въ отношеніи 34 : 63 или, округляя, какъ **1 : 2**. Слѣдовательно вода поглощаетъ кислородъ въ большей степени, нежели азотъ; послѣднее очень важно для развитія жизни въ водѣ (животныхъ и растеній).

Морская вода вслѣдствіе своей солености обладаетъ, сравнительно съ прѣсною водою, меньшею способностью поглощенія газовъ. Чѣмъ соленость больше, тѣмъ морская вода меньше поглощаетъ газовъ; но и въ морской водѣ главное вліяніе на количество поглощенныхъ газовъ имѣетъ ея температура.

При средней океанской солености 35,0‰ одинъ литръ воды при давленіи въ 760 м.м. и при различныхъ температурахъ поглощаетъ слѣдующія количества газовъ въ кубическихъ сантиметрахъ:

При температурахъ. .	— 2°	0°	15°	30°
Кислорода	8,47	8,03	5,84	4,50 к. с.
Азота	15,00	14,40	11,12	9,26 к. с.

Такимъ образомъ морская вода поглощаетъ почти въ 2 раза больше газовъ при низкихъ температурахъ, нежели при высокихъ, и, какъ и въ случаѣ дистиллированной воды, кислородъ поглощается въ большей пропорціи, нежели азотъ, приблизительно также въ отношеніи *1 : 2*.

Третій газъ, имѣющійся всегда въ воздухѣ и встрѣчаемый всегда и въ водѣ, есть углекислота. Она въ водахъ океана почти вся находится въ связанномъ состояніи, въ видѣ углекислыхъ соединеній; въ свободномъ же видѣ она бываетъ въ водѣ въ очень незначительныхъ количествахъ. Если общая сумма углекислоты на литръ воды въ среднемъ около 50 куб. сант., то изъ этого количества въ свободномъ состояніи ея не болѣе нѣсколькихъ десятыхъ куб. сантиметровъ на литръ морской воды. Вообще вопросъ о присутствіи свободной углекислоты въ водахъ океана еще далеко не выясненъ.

Морская вода имѣетъ вездѣ щелочную реакцію, хотя въ нѣкоторыхъ образцахъ, взятыхъ съ глубинъ, и была подмѣчена кислая реакція. Морская вода при продолжительномъ дѣйствіи на углекислый кальцій (известь) раковинъ и скорлупокъ морскихъ животныхъ, послѣ отмиранія послѣднихъ, совершенно растворяетъ ихъ. Это и есть причина, почему на большихъ глубинахъ (ниже 5.000 м.=2.700 м. с.) уже не встрѣчается известковыхъ грунтовъ на днѣ океановъ.

Распредѣленіе газовъ, поглощенныхъ водою, на поверхности и на глубинахъ въ океанахъ и моряхъ. — Изслѣдованія содержанія и присутствія атмосферныхъ газовъ въ водѣ открытыхъ океановъ показали, что нѣтъ такихъ глубинъ, гдѣ бы отсутствовали кислородъ и азотъ. Изъ этихъ двухъ газовъ азотъ недѣятельный, и потому его количество въ водѣ остается неизмѣннымъ; а слѣдовательно по его содержанію въ водѣ (зная процентное отношеніе поглощенія водою азота и кислорода, о чемъ сказано выше) можно всегда судить и о томъ количествѣ кислорода, какое должно было быть въ данномъ образцѣ воды, если бы кислородъ не расходовался на жизненные процессы и окисленіе. Отсюда узнаютъ, сколько его было израсходовано на поддержаніе жизни организмовъ и окисленіе.

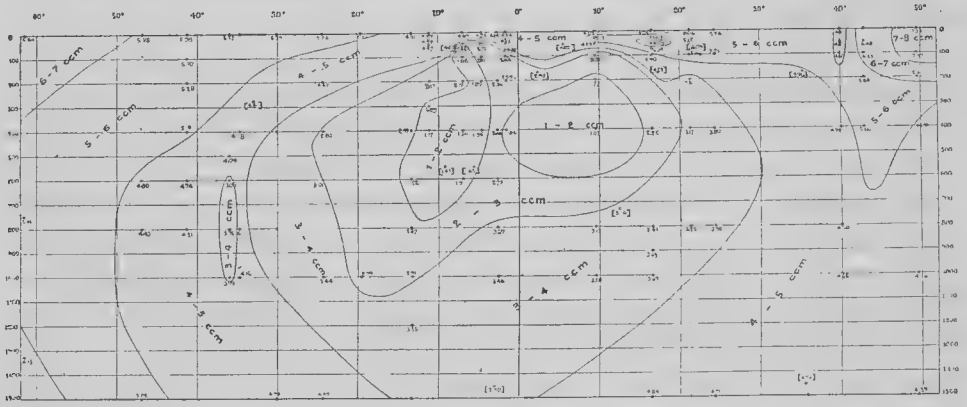
Подобнаго рода изслѣдованія въ широкомъ размѣрѣ стали возможны только въ самое послѣднее время; кромѣ того они требуютъ опытныхъ наблюдателей и большого труда, а потому подобныхъ работъ пока произведено очень немного. На ихъ основаніи оказывается, что поверхностные слои океановъ, конечно, всего богаче кислородомъ, потому что они не только непосредственно соприкасаются съ атмосферою, но и, благодаря волненію, постоянно перемѣшиваются. Въ высокихъ широтахъ содержаніе кислорода въ поверхностной водѣ значительнѣе, нежели въ тропикахъ, потому что температура тамъ ниже (см. выше таблицу зависимости между температурою и количествомъ поглощенія водою кислорода и азота).

Для примѣра здѣсь приведенъ меридіанальный разрѣзъ Атлантическаго океана (на основаніи наблюденій *Planet*, и для тѣхъ же станцій, что и разрѣзы для солености и плотности, почему они всѣ сравнимы между собою. См. фиг. 44 и 45), показывающій распредѣленіе кислорода на глубинахъ въ кубическихъ сантиметрахъ на литръ воды (фиг. 46). Какъ видно на чертежѣ, около экватора вода на поверхности содержитъ на литръ 4 — 5 куб. сант. кислорода; въ широтѣ 50° с. — 6 — 7 к. с., въ широтѣ 50° ю.—7—8 к. с. Увеличеніе содержанія кислорода въ юж-

ныхъ широтахъ обусловливается болѣе низкою температурою воды на поверхности (на 50° с. ш. температура около 10°—11°, а на 50° ю. ш. около 4°. См. фиг. 54, стр. 134—135).

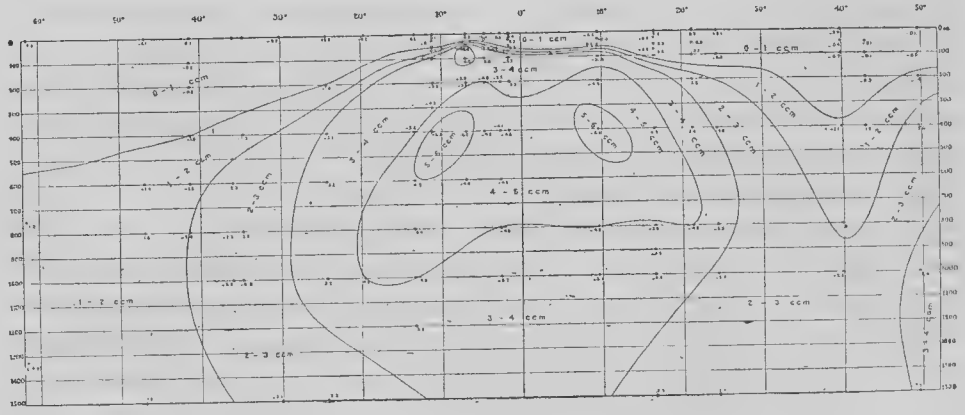
Разсматривая графикъ (фиг. 46), ясно видно, что въ тропической полосѣ съ глубиною количество кислорода быстро убываетъ, и на глубинахъ между 200 м.—800 м. (109—440 м. с.) его особенно мало въ двухъ областяхъ по обѣ стороны экватора. По мѣрѣ удаленія отъ эква-

Сѣверъ. Югъ.



Фиг. 46. Распредѣленіе кислорода въ Атлант. ок. между 60° с. ш. и 50° ю. ш. и между меридіанами 23°30′ з. д и 29°16′ в. д., Январь—Апрѣль 1906 г.

Сѣверъ. Югъ.



Фиг. 47. Распредѣленіе недостатка кислорода до насыщенія имъ воды въ Атлант. ок. между 60° с. ш. и 50° ю. ш. и между меридіанами 23°30′ з. д. и 29°16′ в. д., Январь—Апрѣль 1906 г.

тора къ сѣверу и къ югу количество кислорода на тѣхъ же глубинахъ возрастаетъ.

Разсматриваемое явленіе станетъ еще понятнѣе, если построить такой разрѣзъ океана, гдѣ было бы показано, сколько не хватаетъ кислорода на каждой глубинѣ для насыщенія имъ воды соотвѣтственной солености и температуры. Картина распредѣленія такого недостатка кислорода на глубинахъ изображена на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 47), гдѣ ясно видно, что поверхностные слои, соприкасающіеся съ воздухомъ и постоянно перемѣшиваемые волненіемъ, почти насыщены кислородомъ. Въ тропикахъ, особенно между 20° с. и ю. ш., линіи, показывающія распредѣленіе одинаковыхъ недостатковъ насыщенія воды кислородомъ, идутъ почти параллельно поверхности и очень сближены между собою, тогда какъ за предѣлами 20-хъ широтъ эти линіи совершенно расходятся и опускаются на большія глубины, показывая тѣмъ самымъ, что здѣсь мощные слои воды океана почти насыщены кислородомъ. Между параллелями 20° с. и ю. ш. на глубинахъ отъ 200 м. до 800 (109—440 м. с.) очерчивается обширная область недостатка кислорода съ двумя центрами, гдѣ не хватаетъ до 5—6 к. с. на литръ.

Причиною подобнаго распредѣленія кислорода на глубинахъ являются два обстоятельства. Первое заключается въ богатомъ развитіи жизни, животной и растительной, въ верхнихъ слояхъ океана. Животные поглощаютъ изъ воды кислородъ, необходимый для окисленія ихъ тканей, и выдѣляютъ углекислоту, остающуюся въ водѣ. Водоросли же поглощаютъ углекислоту и разлагаютъ ее на углеродъ, идущій на созиданіе ихъ клѣточекъ, и на кислородъ, поглощаемый водою. Для существованія растеній необходимъ свѣтъ, поэтому водоросли встрѣчаются только въ верхнихъ слояхъ океана, гдѣ они особенно многочисленны около поверхности. Такимъ образомъ приповерхностные слои океановъ получаютъ еще кислородъ и отъ водорослей, поэтому онъ тутъ, какъ выше было указано, почти насыщаетъ воды океановъ.

На большихъ глубинахъ, куда свѣтъ проникаетъ мало, а начиная съ глубинъ въ 800—1.000 м. (440—550 м. с.) и совсѣмъ отсутствуетъ, водорослей нѣтъ, кислородъ поглощается еще богатою животною жизнью, и потому его на глубинахъ 300—500 м. (165—270 м. с.) всего меньше.

Другою причиною, поддерживающею подобное распредѣленіе кислорода на глубинахъ, является существованіе вертикальной циркуляціи водъ въ океанахъ. Въ умѣренныхъ широтахъ охладившіяся соленыя воды

становятся плотнѣе (см. карту плотностей на поверхности, фиг. 42, стр. 100—101), и кромѣ того, вслѣдствіе постояннаго испаренія, увеличивается соленость поверхностной воды; эти двѣ причины, дѣлая ее тяжелѣе ниже лежащихъ слоевъ, заставляютъ опускаться внизъ, унося съ собою большое количество кислорода на глубины океана. Послѣ продолжительнаго и медленнаго движенія къ экватору эти воды около послѣдняго поднимаются, и, конечно, онѣ бѣдны кислородомъ послѣ продолжительнаго нахожденія на значительныхъ глубинахъ, гдѣ ихъ кислородъ постепенно израсходовался. Изслѣдованія содержанія газовъ на глубинахъ въ другихъ океанахъ показываютъ, что и тамъ кислородъ распредѣленъ такимъ же образомъ, какъ въ Атлантическомъ океанѣ.

Въ *моряхъ* содержаніе газовъ въ поверхностныхъ и глубинныхъ слояхъ находится въ зависимости отъ мѣстныхъ условій.

Для поверхности морей эти условія заключаются въ ея температурѣ и солености. Чѣмъ ниже температура и меньше соленость, тѣмъ большее количество атмосфернаго воздуха поглощается поверхностными слоями моря.

Для глубинныхъ слоевъ морей мѣстныя условія заключаются главнымъ образомъ въ способѣ подводнаго сообщенія даннаго моря съ океаномъ или другимъ моремъ и въ характерѣ вертикальнаго распредѣленія плотности воды, какъ въ немъ самомъ, такъ и въ томъ бассейнѣ, съ которымъ оно имѣетъ подводное сообщеніе. При нѣкоторомъ сочетаніи указанныхъ условій получаются особенныя, своеобразныя распредѣленія газовъ въ глубинныхъ слояхъ, совершенно иныя, нежели въ океанахъ, гдѣ провѣтриваніе глубоководныхъ слоевъ обезпечено вертикальною циркуляціей воды, обусловленной большою разностью плотностей воды на поверхности океановъ въ тропическихъ поясахъ и на полярныхъ окраинахъ умѣренныхъ поясовъ. Отсутствіе такихъ условій въ нѣкоторыхъ моряхъ, разобщенныхъ на глубинахъ отъ океановъ, создаетъ бассейны съ плохо и вовсе не провѣтриваемыми глубинными слоями, примѣры коихъ приведены дальше.

Средиземное море обладаетъ довольно равномѣрнымъ вертикальнымъ распредѣленіемъ кислорода. Въ поверхностныхъ слояхъ количество кислорода въ западной половинѣ моря около 4,5—5,3 к. сант. на литръ воды, что составляетъ 95%—99‰ полнаго насыщенія; а въ восточной половинѣ моря, гдѣ соленость больше, количество кислорода на поверхности

колеблется около 4,4—4,7 к. с. на литръ, что составляетъ 92%—98% насыщенія.

На большихъ глубинахъ количество кислорода отъ 4,0 до 4,6 к. с. на литръ, что составляетъ отъ 70% до 80% насыщенія.

Согласно новѣйшимъ изслѣдованіямъ *), вертикальная циркуляція (конвекціонные токи) въ Средиземномъ морѣ устанавливается главнымъ образомъ зимою въ сѣверныхъ частяхъ моря, около береговъ Франціи и Италіи, въ южной части Адріатическаго и въ сѣверной части Архипелага. Эта циркуляція захватываетъ и слои большихъ глубинъ, принося съ собою туда кислородъ изъ поверхностныхъ слоевъ и провѣтривая такимъ образомъ большія глубины.

Черное море обладаетъ совершенно особеннымъ распредѣленіемъ газовъ на глубинахъ, обусловленнымъ особымъ распредѣленіемъ плотности воды. Какъ выше было указано (въ статьѣ о распредѣленіи солености), поверхностныя воды Чернаго моря значительно распрѣснены, а на глубинахъ ниже 200 м. (109 м. с.) и до самаго дна встрѣчаются только воды солености отъ 21‰ до 22,4‰, плотностью отъ 1,01651 до 1,01733, тогда какъ плотность поверхностныхъ слоевъ всего около 1,01006.

По причинѣ подобнаго распредѣленія плотностей, только въ поверхностныхъ слояхъ до глубины въ 200 м. существуетъ вертикальный обмѣнъ воды. Этотъ обмѣнъ обусловливается охлажденіемъ воды на поверхности зимою, а слѣдовательно увеличеніемъ ея плотности, что и заставляетъ охладившуюся воду опускаться до глубины слоя одинаковой съ нею плотности, каковая находится на глубинѣ около 200 м. (это такъ называемые *конвекціонные токи*). Вся же толща водъ отъ 200 м. до дна (2.200 м.—1.200 м. с.) совершенно уединена отъ болѣе легкаго поверхностнаго слоя и потому лишена вертикальной циркуляціи. Запасъ кислорода, приносимый по дну Босфора въ глубины Чернаго моря вмѣстѣ съ тяжелыми солеными водами Мраморнаго моря, недостаточенъ для окисленія всѣхъ продуктовъ гніенія органическихъ остатковъ, падающихъ изъ поверхностныхъ слоевъ. При такихъ условіяхъ хотя поверхностные слои почти насыщены кислородомъ, на глубинахъ, начиная съ 150 м. (80 м. с.) и до дна, кислородъ совершенно отсутствуетъ въ водахъ Чернаго моря, а вмѣсто его тамъ образуется сѣроводородъ, препятствующій развитію всякой жизни на этихъ глубинахъ, гдѣ встрѣчаются только сѣро-

*) См. труды океанографической экспедиціи на суднѣ *Thor* въ 1908—1910 гг.

водородныя бактеріи. На глубинѣ 200 м. въ водѣ уже находится сѣроводорода около 0,4 куб. с. на литръ; а въ придонныхъ слояхъ большихъ глубинъ (2.000—1.090 м. с.) количество сѣроводорода на литръ достигаетъ до 5 куб. сант.

Балтійское море относительно вертикальнаго распредѣленія кислорода находится въ довольно благопріятныхъ условіяхъ. Вообще до слоя глубиною около 50—60 м. (27—33 м. с.), т.-е., во многихъ мѣстахъ Финскаго залива въ слоѣ близкомъ ко дну (наибольшія глубины залива около 80—90 м.=44—50 м. с.), а въ Рижскомъ заливѣ безусловно до самаго дна содержаніе кислорода въ водѣ около 8 к. с. на литръ воды, что̀ очень близко къ ея насыщенію (85%—95%). Въ самыхъ же глубокихъ частяхъ Балтійскаго моря количество кислорода уменьшается до 4,3 и даже 2 к. с. на литръ, составляя всего 40% и даже 25% отъ количества, насыщающаго воду при температурѣ ея на данной глубинѣ. Для большихъ глубинъ моря, повидимому, притокъ соленыхъ водъ изъ Каттегата есть единственный путь полученія кислорода, такъ какъ вслѣдствіе большой плотности глубинныхъ слоевъ не можетъ существовать обмѣна водъ между поверхностью моря, охлажденною зимою, и большими его глубинами (отсутствуютъ конвекціонные токи для большихъ глубинъ).

Каспійское море представляетъ въ отношеніи распредѣленія газовъ на глубинахъ примѣръ, приближающійся къ Черному морю. На поверхности содержаніе кислорода подходитъ къ нормальному; начиная съ глубины около 300 м. (165 м. с.), количество кислорода въ водѣ становится ничтожнымъ, а на 600—700 м. (330—380 м. с.) онъ совершенно исчезаетъ, вслѣдствіе недостаточной вертикальной циркуляціи между глубинными слоями и поверхностными. Отсутствіе вертикальной циркуляціи (конвекціонныхъ токовъ) обусловлено соотвѣтственнымъ распредѣленіемъ плотностей (соленость съ глубиною увеличивается, а температура понижается).

Происхожденіе солей въ океанахъ. — Относительно происхожденія солености океановъ существуетъ два предположенія. Согласно одному первичный океанъ былъ прѣсный и осолился постепенно, вслѣдствіе вноса въ него рѣчными водами различныхъ солей, которыя растворяются дождевыми водами, постепенно выщелачивающими породы, по поверхности коихъ онѣ стекаютъ. Имѣются даже попытки вычисленія продолжительности времени, какое было бы необходимо для достиженія степени

современной солености Мірового океана. Предположеніе это находитъ, между прочимъ, себѣ подтвержденіе въ наблюденіяхъ надъ озерами, среди которыхъ почти всѣ непроточныя отличаются солеными водами, весьма, конечно, различнаго состава.

Другое предположеніе считаетъ, что Міровой океанъ былъ наполненъ соленою водою отъ самаго своего возникновенія. При чемъ соли, находившіяся въ растворѣ водъ первичнаго океана, перешли въ него при первыхъ дождяхъ изъ атмосферы и были внесены первыми водами, стекавшими съ поверхности суши.

Второе предположеніе заслуживаетъ большаго довѣрія, между прочимъ, еще и потому, что древнѣйшіе дошедшіе до насъ морскіе организмы заставляютъ думать, что они существовали въ соленыхъ водахъ. Изученіе состава отложеній каменной соли, образовавшихся въ отдаленныя эпохи существованія земли путемъ испаренія бассейновъ морской воды, показываетъ, что составъ воды океановъ, повидимому, не претерпѣлъ измѣненій, только степень насыщенности была другая. Изъ опредѣленій состава прѣсныхъ водъ, теперь вливающихся въ океанъ, и морскихъ водъ, о чемъ было сказано въ главѣ о солености (см. стр. 67), ясно видно, что составъ ихъ весьма различенъ. Въ водахъ океановъ преобладаютъ хлористыя соединенія, а въ прѣсныхъ—карбонаты, которыхъ мало въ океанѣ. Слѣдовательно, простымъ подсчетомъ количества вносимыхъ рѣками въ океанъ солей нельзя объяснить ни современнаго состава морской воды, ни степени ея солености.

Конечно, составъ воды и степень солености первичнаго океана могли быть иные, нежели теперь; наконецъ и то и другое могло съ теченіемъ времени измѣняться и, конечно, продолжаетъ измѣняться и теперь, но столь медленно, что люди въ теченіе историческаго времени не могли этого подмѣтить.

ГЛАВА VI.

Температура водъ океановъ и морей.

I:—Приборы и способы наблюденія температуры воды на поверхности и глубинахъ.—Нѣкоторыя физическія свойства воды вообще и морской воды.—Источники тепла, нагрѣвающіе водную поверхность.—Суточный и годовой ходъ температуры воды на поверхности океановъ и морей.—Географическое распредѣленіе температуры воды на поверхности океановъ и морей.—Распредѣленіе температуры воды на глубинахъ океановъ и морей.

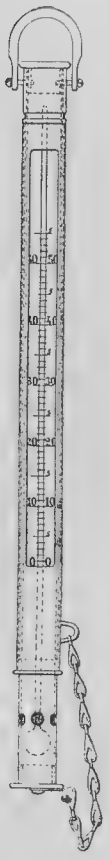
II:—Замерзаніе прѣсной и морской воды.—Морской ледъ; ледяныя поля и ихъ образованіе; полярный пакъ.—Ледяныя горы, ихъ образованіе и ихъ характеръ въ обоихъ полушаріяхъ.—Географическое распредѣленіе иловучихъ льдовъ.—Условія полярныхъ плаваній и путешествій по полярнымъ льдамъ.

III:—Значеніе солености океановъ въ экономіи природы.

I.—**Приборы и способы наблюденія температуры воды на поверхности и глубинахъ.**—Для опредѣленія температуры воды на поверхности существуетъ два пріема,—можно, доставая воду съ поверхности ведромъ, опредѣлять ея температуру на палубѣ, или можно опускать въ поверхностный слой особый термометръ.

Первый способъ имѣетъ нѣкоторое преимущество, особенно если одновременно необходимо доставать воду и для опредѣленія удѣльнаго вѣса. Тогда, поднявъ воду въ ведрѣ и поставивъ его въ тѣни на что-нибудь деревянное, въ него опускаютъ плавать термометръ, принадлежащій серіи ареометровъ. Замѣтивъ, когда термометръ перестанетъ мѣнять свои показанія, отсчитываютъ его, пока онъ находится въ водѣ; этотъ отсчетъ и будетъ температура воды на поверхности моря вокругъ корабля. (Какъ это уже было указано въ главѣ о солености, воду надо зачерпывать всегда съ носовой части корабля).

Второй пріемъ требуетъ термометра особаго устройства, у котораго шарикъ имѣетъ вокругъ себя оправу въ видѣ цилиндра, гдѣ можетъ задерживаться забортная вода, пока термометръ будутъ поднимать и отсчитывать, что̀ необходимо для предохраненія термометра отъ измѣненія его показаній за это время. Какъ видно на чертежѣ (фиг. 48), это есть обыкновенный ртутный термометръ, достаточно чувствительный, съ дѣленіями черезъ градусъ, настолько крупными, что десятыя доли легко отсчитывать на глазъ. Термометръ заключенъ въ двойную мѣдную трубку съ кольцомъ вверху для прикрѣпленія линя. Двойная трубка устроена



Фиг. 48.

такъ, что, поворачивая ее, можно открывать или закрывать сквозную прорѣзь въ обѣихъ трубкахъ. Опуская термометръ въ воду, оправу закрываютъ, а при отсчетѣ—открываютъ. Внизу имѣется на цѣпочкѣ днище, туго входящее въ свое гнѣздо, чтобы, вынувъ его послѣ отсчета, можно было легко вылить бывшую тамъ воду. Термометръ на линѣ бросаютъ за бортъ съ *носовой части* корабля и, продержавъ въ водѣ минутъ около 5, поднимаютъ и сейчасъ же отсчитываютъ; сперва десятыя доли градуса, а потомъ и цѣлые градусы. Придавъ затѣмъ алгебраически къ отсчету поправку термометра, получаютъ искомую температуру поверхности воды. Во время отсчета термометра надо его держать за кольцо вверху оправы, а не за нижнюю его часть.

Для опредѣленія температуры воды на глубинахъ оба описанные пріема непригодны, а существуютъ другіе способы, изъ коихъ наиболѣе употребительны два слѣдующіе: или устраиваютъ батометръ съ особою изоляціей, предохраняющей воду внутри его отъ измѣненія ея температуры пока приборъ подымаютъ и отсчитываютъ термометръ, или пользуются особыми термометрами въ оправѣ, которая можетъ поворачиваться на 180°, при чемъ столбикъ ртути въ термометрѣ обрывается на отсчетѣ, соотвѣтствующемъ температурѣ воды на данной глубинѣ; или наконецъ пользуются термометрами для наибольшихъ и наименьшихъ температуръ съ указателями.

Первымъ прибором, доставившимъ свѣдѣнія о дѣйствительныхъ температурахъ на большихъ глубинахъ, былъ упоминавшійся выше (стр. 71) батометръ Э. Ленца, которымъ онъ пользовался въ плаваніи на русскомъ суднѣ *Предпріятіе* подъ командою кап. 2 р. О. Коцебу въ 1823—26 гг. Батометръ былъ снабженъ термометромъ съ толстыми стѣнками для предохраненія его отъ быстраго измѣненія температуры, и кромѣ того цилиндрическія стѣнки и днища батометра были устроены изъ ряда слоевъ разной теплопроводности; а именно, попеременно толстаго слоя малой теплопроводности и тонкаго большой теплопроводности; всего такихъ слоевъ имѣлось 17. При такомъ устройствѣ температура внутри батометра сохраняется неизмѣнною очень хорошо. Термометръ былъ установленъ вдоль оси цилиндра батометра на стержнѣ, соединявшемъ клапаны батометра. Приняты были также во

вниманіе разныя поправки на измѣненіе температуры отъ отставанія термометра и измѣненія давленія воды. Сравненіе наблюденій Э. Ленца съ данными экспедиціи *Challenger'a,* полученными почти въ тѣхъ же мѣстахъ и на близкихъ глубинахъ, показываетъ, насколько были вѣрны наблюденія Ленца.

Въ настоящее время эта идея была снова осуществлена, и, пользуясь современною техникою, былъ построенъ батометръ Нансена-Петтерсона, описанный выше (стр. 73, фиг. 35), позволяющій опредѣлять температуру воды на глубинахъ съ точностью до $\pm 0,°01$, если ввести нѣкоторыя добавочныя поправки *).

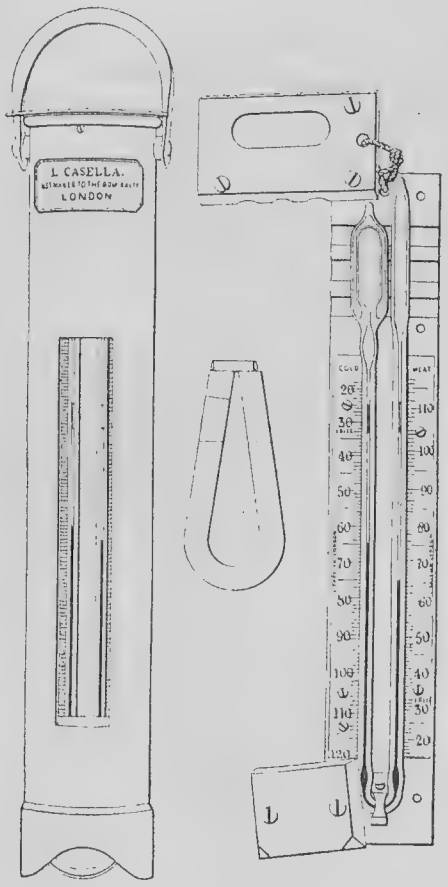
Пользованіе батометромъ Нансена-Петтерсона для опредѣленія температуръ на глубинахъ имѣетъ одно неудобство: заразъ можно опредѣлить температуру только на одной глубинѣ, потому что эти батометры нельзя навѣшивать на линѣ одинъ надъ другимъ для полученія сразу вертикальнаго ряда температуръ, а надо нѣсколько разъ опускать и поднимать батометръ, вслѣдствіе чего работа замедляется.

Другой пріемъ для опредѣленія температуръ на глубинахъ помощью максимумъ-минимумъ термометровъ тоже употреблялся давно; первые подобные приборы Сикса появились въ концѣ XVIII ст. (1782 г.) и впервые были примѣнены для океанографическихъ цѣлей въ первомъ кругосвѣтномъ плаваніи русскихъ моряковъ на *Надеждѣ* и *Невѣ* подъ командою кап. 2 р. Ѳ. Крузенштерна и Ю. Лисянскаго въ 1801—1803 гг. Однако такіе термометры давали на значительныхъ глубинахъ сильно преувеличенныя показанія вслѣдствіе сжатія шарика термометра давленіемъ воды и слѣдовательно механическаго выдавливанія въ трубку термометра его термометрической жидкости, передвигавшей при этомъ указатели. Дѣйствительно, давленіе воды на каждые 1.000 метровъ глубины увеличивается на 100 атмосферъ, почему термометръ будетъ давать значительно болѣе высокіе отсчеты.

Указанный недостатокъ впервые замѣтили въ Англіи, и по предложенію одного изъ первыхъ морскихъ метеорологовъ, адмирала Фицъ Роя, фирма Negretti & Zambra построила термометры Сикса съ приспособленіемъ для предохраненія отъ давленія; съ тѣхъ поръ подобное устройство примѣняется ко всякимъ глубоководнымъ термометрамъ.

---

*) Поправки къ температурѣ воды за сжатіе и расширеніе тѣла батометра и воды, въ немъ заключенной, при поднятіи его съ данной глубины.

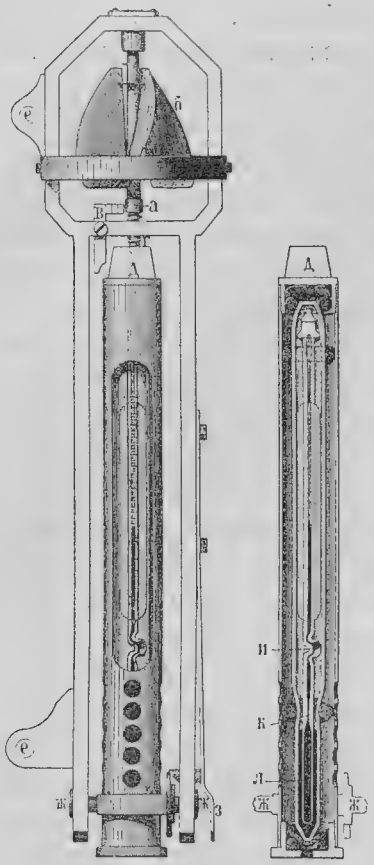


Фиг. 49. Термометръ для наиб. и наим. температуръ.

На чертежѣ (фиг. 49) показанъ подобный приборъ современнаго устройства. На эбонитовой толстой дощечкѣ (направо на чертежѣ) укрѣплена согнутая въ видѣ буквы *U* трубка, слѣва вверху находится продолговатый шарикъ термометра, окруженный стеклянною оболочкою, пространство между которою и шарикомъ отчасти заполнено толуоломъ; такимъ образомъ при сдавливаніи водою на глубинахъ внѣшней оболочки шарика давленіе не передается самому шарику. Внутренность шарика наполнена также толуоломъ (въ первыхъ термометрахъ былъ винный спиртъ; толуолъ употребляютъ потому, что онъ правильнѣе измѣняетъ свой объемъ при одинаковыхъ перемѣнахъ температуры), который и служитъ термометрическою жидкостью. Въ правой половинѣ термометра тоже находится толуолъ, а вверху, въ расширеніи трубки, пары толуола. Толуолъ въ двухъ трубкахъ термометра разобщенъ другъ съ другомъ столбикомъ ртути (на чертежѣ черная полоска), играющимъ роль поршня. Въ правой и лѣвой трубкахъ имѣется по стальному указателю (на черт. они стоятъ около 30° и 110° Ф.), снабженныхъ пружинками, удерживающими ихъ въ любомъ мѣстѣ трубки. Вокругъ указателей достаточно пространства, чтобы термометрическая жидкость могла ихъ свободно обтекать, не сдвигая съ мѣста. Нижній конецъ лѣваго указателя даетъ отсчетъ наименьшей температуры, а нижній конецъ праваго—наивысшей въ томъ слоѣ воды, сквозь который термометръ прошелъ. Отсчеты положеній указателей производятся по шкаламъ около трубокъ (на черт. дана шкала Фаренгейта, но она можетъ быть и Цельзія).

Чтобы приготовить термометръ къ наблюденію, магнитомъ (см. черт. 48) приводятъ оба указателя къ соприкосновенію съ концами столбиковъ ртути. Для предохраненія отъ ударовъ весь приборъ вкладывается въ мѣдный футляръ, сквозь который свободно проходитъ вода. Такіе приборы обыкновенно привѣшиваются надъ лотомъ, чтобы получить наибольшую и наименьшую температуры въ слоѣ воды отъ поверхности до дна. Если температура правильно уменьшается сверху внизъ, что въ открытыхъ океанахъ по большей части и бываетъ, то два отсчета указателя термометра дадутъ температуры на поверхности и на днѣ или на той глубинѣ, до которой приборъ опускали. Если же въ данномъ мѣстѣ океана или моря есть прослойки болѣе высокой или болѣе низкой температуры, нежели въ выше и ниже лежащихъ слояхъ, то термометръ для наибольшихъ и наименьшихъ температуръ непримѣнимъ.

Чтобы получать температуру воды на желаемой глубинѣ, пользуются термометрами, въ которыхъ при оборачиваніи шарикомъ вверхъ столбикъ ртути отрывается (всегда въ томъ же самомъ мѣстѣ трубки термометра), при чемъ, чѣмъ температура была выше, тѣмъ и оторвавшійся столбикъ длиннѣе. Такіе термометры были изобрѣтены въ 1878 г. механиками Negretti & Zambra въ Лондонѣ. На чертежѣ (фиг. 50) справа данъ разрѣзъ такого термометра. Онъ состоитъ изъ обыкновеннаго ртутнаго термометра съ цилиндрическимъ шарикомъ (чтобы онъ скорѣе принималъ температуру среды), трубка котораго на нѣкоторомъ разстояніи отъ шарика изогнута, въ ней сдѣлано почти капиллярное суженіе, потомъ небольшое расширеніе — *и*, и затѣмъ, послѣ новаго изгиба, трубка принимаетъ форму прямого цилиндра. Этотъ термометръ заключенъ въ другую трубку толстаго стекла, въ которой онъ и центрированъ вверху маленькою воронкою, внизу—особою кольцевою прокладкою *к*. Пространство ниже послѣдней образуетъ внѣшнюю оболочку шарика *л*, которая предохраняетъ шарикъ отъ давленія воды. Пространство между оболочкою и шарикомъ отчасти заполнено ртутью, чтобы облегчить передачу температуры внутрь. Дѣленія нанесены, какъ во всѣхъ современныхъ приборахъ, на самой трубкѣ термометра, который помощью двухъ резиновыхъ колецъ центрированъ въ мѣдной трубкѣ. Подъ шарикомъ термометра, снизу, подложены кусокъ резины и резиновое кольцо, на которое надавливаетъ ввинченное въ трубку дно, вверху термометръ упирается въ такое же резиновое кольцо, такимъ образомъ онъ укрѣленъ неподвижно въ мѣдномъ цилиндрѣ.



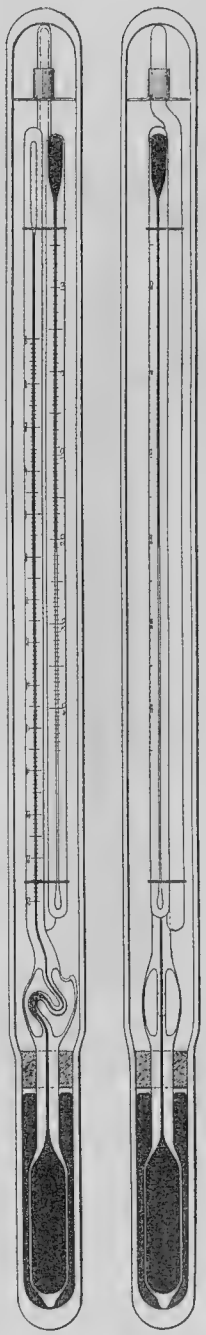
Фиг. 50. Глубоководный термометръ Negretti & Zambra.

Поворотный механизмъ устроенъ слѣдующимъ образомъ (на черт. слѣва). Въ вилкѣ мѣдной рамы на оси *ж* укрѣпленъ цилиндръ съ термометромъ. Чтобы положеніе цилиндра было устойчивымъ, вверху его имѣются двѣ пластинки *Д* (на черт. видна одна—передняя), между которыми заходитъ ось *г* винта *б*. Нарѣзка на оси такова, что, когда термометръ опускаютъ и давленіемъ воды винтъ *б* вращается по часовой стрѣлкѣ, то ось ввинчивается между щеками *Д* въ перекладину рамы и опускается внизъ до отказа, а слѣдовательно и термометръ въ этомъ положеніи не можетъ перевернуться. Когда же приборъ начнутъ поднимать, то давленіемъ воды винтъ *б* станетъ вращаться въ обратную сторону и ось его *г* будетъ вывинчиваться, пока конецъ ея не выйдетъ изъ пластинокъ *Д*. Тогда термометръ будетъ въ неустойчивомъ равновѣсіи и отъ сотрясеній линя опрокинется. Когда онъ повернется на 180°, то пружина *з* заскакиваетъ въ вырѣзъ боковой шайбы цилиндра, и послѣдній рѣзко останавливается. Вотъ этотъ-то толчокъ вмѣстѣ съ центробѣжною силою и заставляютъ столбикъ ртути оторваться именно тамъ, гдѣ сцѣпленіе его всего меньше; т.-е. въ мѣстѣ суженія трубки (*и*). Оторвавшійся столбикъ упадетъ въ конецъ трубки, почему дѣленія на ней сдѣланы сверху внизъ. Толстое стекло трубки, слой воздуха и внѣшняя толстая стеклянная трубка предохраняютъ оторвавшійся столбикъ ртути отъ нагрѣванія при прохожденіи сквозь болѣе теплые верхніе слои воды. Нагрѣваніе ртути въ шарикѣ все-таки должно заставлять мало-по-малу ртуть изъ него капать въ трубку. Для того, чтобы капли ртути не присоединялись къ оторвавшемуся столбику и тѣмъ самымъ не мѣняли отсчета, и устроено расширеніе въ трубкѣ термометра *и*. Объемъ его такъ разсчитанъ, что вся вытекшая изъ шарика ртуть, при прохожденіи сквозь

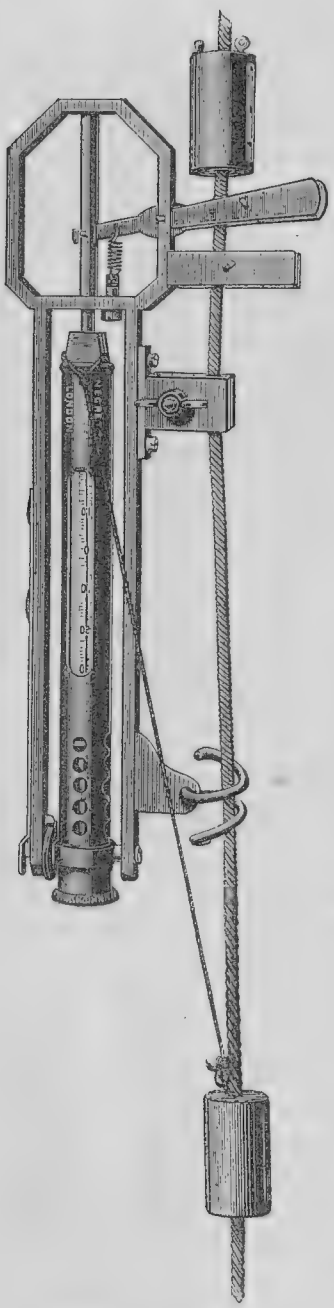
теплые поверхностные слои, собирается въ этомъ углубленіи *и* и въ трубку не попадаетъ.

Оборачиваніе термометра происходитъ въ моментъ выхода конца оси *г* изъ пластинокъ *Д*, и, слѣдовательно, чѣмъ длиннѣе навинтованная часть оси *г*, тѣмъ большее вертикальное разстояніе успѣетъ пройти приборъ до момента переворачиванія термометра. На большихъ глубинахъ, гдѣ температура мѣняется медленно, не имѣетъ значенія, что термометръ поднимется при этомъ на 10—12 метровъ; въ этихъ случаяхъ важно, чтобы термометръ не перевернулся ранѣе времени отъ приподниманія судна на качкѣ. Если же измѣряютъ температуры въ верхнихъ слояхъ океана, гдѣ онѣ измѣняются съ глубиною гораздо быстрѣе, то, чтобы термометръ не измѣнилъ своего показанія, проходя до поворота черезъ болѣе теплые слои, въ рамѣ устроено особое приспособленіе. Можно, поднимая угольникъ *в* и закрѣпляя его винтикомъ, установить винтъ *б* такъ, чтобы онъ при опусканіи термометра и ввинчиваніи оси *г* въ перекладину рамы опустился бы очень немного. Для этого на оси *г* есть штифтъ *а*, который при подниманіи угольника *в* раньше въ него упрется. Въ такомъ случаѣ и конецъ оси винта *г* меньше опустится между пластинками *д*, и тогда при подъемѣ всего въ одинъ метръ термометръ будетъ оборачиваться. Рама имѣетъ два ушка *е—е*, за которыя она и крѣпится бензелями къ линю; очевидно, на томъ же линѣ можно подвѣсить рядъ такихъ приборовъ и сразу получить температуры на нѣсколькихъ глубинахъ.

Въ современныхъ термометрахъ шкала раздѣлена на десятыя доли градуса, позволяя отсчитывать съ точностью до + 0,°01. При такой точности отсчета необходимо уже принимать во вниманіе расширеніе оторвавшагося столбика ртути, для чего внутри стеклянной оболочки термометра устанавливается еще другой термометръ, шарикъ котораго находится вверху, какъ это видно на чертежѣ (фиг. 51). Рядомъ съ трубками



Фиг. 51. Поворотный термометръ Рихтера съ добавочнымъ термометромъ.



Фиг. 52. Рама системы Милля.

термометровъ установлена стеклянная палочка, поддерживающая трубки обоихъ термометровъ (правая фигура). Главный термометръ также снабженъ двойнымъ резервуаромъ для предохраненія отъ давленія и расширеніемъ въ каналѣ термометра, гдѣ собирается ртуть, вытекающая изъ шарика при его нагрѣваніи поверхностными слоями воды. Устройство этого расширенія нѣсколько иное, чѣмъ въ вышеописанныхъ термометрахъ. Когда термометръ поднятъ и оторвавшаяся часть столбика ртути и рядомъ находящійся добавочный термометръ показываютъ одно и то же, то значитъ длина оторвавшагося столбика осталась безъ измѣненія подъ вліяніемъ повышенной температуры верхнихъ слоевъ воды. Если же отсчеты получаются разные, то значитъ температура верхнихъ слоевъ воды повліяла на ртуть оторвавшагося столбика главнаго термометра. Тогда по этой разности отсчетовъ вводятъ поправку на расширеніе столбика ртути и стекла термометра.

Когда приходится наблюдать температуры въ поверхностныхъ слояхъ на малыхъ другъ отъ друга разстояніяхъ, удобнѣе пользоваться поворотными термометрами въ рамѣ системы Милля (R. H. Mill), позволяющей оборачивать термометръ на той глубинѣ, гдѣ онъ находится.

Устройство этой рамы видно на чертежѣ (фиг. 52); она въ общемъ одинакова съ рамою Negretti & Zambra, разница только въ механизмѣ, освобождающемъ цилиндръ съ термометромъ. Вмѣсто винта здѣсь имѣется рычагъ, конецъ котораго ходитъ въ прорѣзи центральнаго стержня, заходящаго нижнимъ концомъ между двухъ пластинокъ цилиндра термометра. Спиральная пружинка все время

тянетъ рычагъ внизъ, и слѣдовательно термометръ не можетъ опрокинуться, пока стержень не поднятъ. Послѣднее достигается, пуская бѣжать по линю особый разъемный грузъ (на чертежѣ такіе цилиндрическіе грузы показаны надѣтыми на линь вверху и внизу); грузъ ударяетъ по рычагу и поднимаетъ стержень, освобождая трубку термометра, и послѣдній, находясь въ неустойчивомъ равновѣсіи, переворачивается. Чтобы можно было опредѣлять сразу температуры на нѣсколькихъ глубинахъ, можно подвѣсить къ линю нѣсколько термометровъ (не больше четырехъ), надѣвъ предварительно грузы для нихъ петлями штертовъ на пластинки цилиндровъ съ термометрами. Тогда поворотъ верхняго прибора этимъ самымъ освобождаетъ грузъ для слѣдующаго термометра и т. д.

При опредѣленіи температуры воды на глубинахъ или на поверхности необходимо дать время приборамъ пріобрѣсти температуру окружающей ихъ воды. Для этого необходимо ихъ оставлять неподвижно на данной глубинѣ, при ртутныхъ термометрахъ достаточно 4—5 минутъ. При наблюденіи вертикальнаго ряда температуръ слѣдуетъ сперва ихъ наблюдать въ верхнихъ слояхъ, а потомъ постепенно въ болѣе глубокихъ, чтобы не перемѣшивать слоевъ воды.

Всѣ термометры, употребляемые для наблюденія температуры воды, должны имѣть аттестаты отъ соотвѣтственныхъ учрежденій съ указаніемъ ихъ поправокъ, и разъ въ годъ должно производить повѣрку ихъ нуля. Для этого ихъ помѣщаютъ въ мелко истолченный прѣсный ледъ, насыпанный въ большую металлическую воронку, чтобы образующаяся при таяніи вода свободно стекала. Воронку со льдомъ помѣщаютъ въ комнатѣ или каютѣ, гдѣ температура выше нуля, а термометры углубляютъ въ ледъ до черты нуль на шкалѣ. Если по прошествіи минутъ десяти нѣсколько разъ повторенный отсчетъ термометра черезъ минутные промежутки времени будетъ равенъ поправкѣ термометра, взятой изъ таблицы поправокъ, съ обратнымъ знакомъ (т.-е. если поправка при $0° = -0°,1$ Ц., а термометръ показываетъ $+0°,1$ Ц.), то значитъ поправки такого прибора остались безъ измѣненія. Если же показаніе термометра во льду отличается отъ поправки его при 0° съ обратнымъ знакомъ, то алгебраическая разность этихъ показаній есть та величина, которую надо алгебраически придать ко всѣмъ поправкамъ, въ томъ числѣ и къ поправкѣ при 0°. Тогда получится новая, исправленная таблица поправокъ термометра.

Подобныя измѣненія показаній термометровъ при 0° случаются въ современныхъ термометрахъ рѣдко и обыкновенно въ предѣлахъ сотыхъ долей градуса, но тѣмъ не менѣе эту повѣрку необходимо повторять ежегодно, такъ какъ только такимъ путемъ можно убѣдиться, что въ показаніяхъ термометра не произошло никакой перемѣны, зависящей отъ молекулярныхъ измѣненій въ самомъ стеклѣ прибора.

Нѣкоторыя физическія свойства воды вообще и морской воды.— *Теплоемкость.*—Самое важное, съ точки зрѣнія физической географіи, свойство воды—это ея громадная теплоемкость; всѣ остальныя тѣла, какъ жидкія, такъ и твердыя, отличаются во много разъ меньшею теплоемкостью. Напримѣръ:—

Тѣла	вода	ледъ	чугунъ	гранитъ	воздухъ
Теплоемкость . . .	1,000	0,505	0,13	0,20	0,237

Теплоемкость морской воды очень немного отличается отъ таковой же для прѣсной, какъ это видно изъ слѣдующаго примѣра:

Соленость $S^0/_{00}$ . .	0,00	20,0‰	30,0‰	35,0‰	40,0‰
Теплоемкость . . .	1,000	0,951	0,939	0,932	0,926

и потому физико-географическое значеніе теплоемкости воды можетъ быть принято одинаковымъ для всѣхъ водъ земного шара.

Дѣйствительно, воды покрываютъ около 71% земной поверхности, и на этомъ громадномъ протяженіи онѣ соприкасаются съ другимъ океаномъ—воздушнымъ, охватывающимъ 100% земной поверхности. Вслѣдствіе огромной разности въ теплоемкости этихъ двухъ тѣлъ, Міровой океанъ служитъ обширнымъ источникомъ запаса тепла для атмосферы.

При средней солености океана 35,0‰, что при 0° соотвѣтствуетъ удѣльному вѣсу морской воды 1,02813, и при удѣльномъ вѣсѣ воздуха 0,00129 нетрудно вычислить, какое количество тепла отдаетъ вода воздуху при своемъ охлажденіи.

$$1{,}02813 \times 0{,}932 : 0{,}00129 \times 0{,}237 = 3.134{,}2$$

Это значитъ, что если какая-нибудь единица объема морской воды, напр., 1 куб. ст. охладится на 1°, то онъ при этомъ выдѣлитъ столько теплоты, что нагрѣетъ ею на 1° — 3,134 куб. ст. воздуха. Если бы вмѣсто воды взять поверхность гранита (какъ это, напримѣръ, имѣется въ Финляндіи и Олонецкой губ. во многихъ мѣстахъ), то тогда въ вышеуказанномъ отношеніи надо замѣнить удѣльный вѣсъ воды 1,02813 таковымъ же для гранита 3,0, а вмѣсто теплоемкости воды поставить таковую для гранита, т.-е. 0,2. Вычисленіе тогда дастъ результатъ 1.962,5 куб. сант. вмѣсто 3.134,2 куб. сант. Отсюда ясно видно, какимъ большимъ запасомъ тепла обладаютъ воды земного шара и какое громадное значеніе для климата всего земного шара, а слѣдовательно и для всѣхъ физико-географическихъ явленій и зависящихъ отъ послѣднихъ экономическихъ условій, имѣетъ то обстоятельство, которое съ перваго взгляда не кажется столь важнымъ, а именно, что 71% земной поверхности занятъ водою.

Наибольшая плотность и температура замерзанія воды. — Прѣсная вода пріобрѣтаетъ наибольшую плотность при температурѣ +4°. По мѣрѣ пониженія температуры прѣсной воды до 4° плотность ея увеличивается, достигаетъ наибольшей величины при 4°, и при дальнѣйшемъ охлажденіи плотность ея начинаетъ уменьшаться.

Въ морской водѣ температура, соотвѣтствующая наибольшей плотности ея, находится въ зависимости отъ степени солености воды; съ увеличеніемъ солености температура наибольшей плотности понижается.

Температура замерзанія прѣсной воды равна 0°, въ морской же водѣ она зависитъ отъ степени солености,—чѣмъ послѣдняя больше, тѣмъ и температура замерзанія ниже.

Такимъ образомъ оказывается, что и температура наибольшей плотности и температура замерзанія морской воды обѣ зависятъ отъ степени солености, и съ увеличеніемъ послѣдней обѣ тоже понижаются, но только не одинаково быстро,—пониженіе температуры наибольшей плотности идетъ быстрѣе. Зависимость между этими двумя свойствами морской воды и ея соленостью видна изъ слѣдующей таблицы:

Соленость $S^0/_{00}$ . .	0	5	10	15	20	24,695	25	30	35	40
Температура наибольшей плотности.	Θ 3°,98	−2°,9	−1°,9	−0°,8	−0°,3	−1°,332	−1°,4	−2°,5	−3°,5	−4°,5
Температура замерзанія	τ 0°	−0°,3	−0°,5	−0°,8	−1°,1	−1°,332	−1°,35	−1°,6	−1°,9	−2°,2

Отсюда видно, что при солености 24,695‰ температуры наибольшей плотности (Θ) и замерзанія (τ) сравниваются, и при бо́льшихъ соленостяхъ температура наибольшей плотности уже ниже температуры замерзанія. Иначе говоря, при соленостяхъ болѣе 24,7‰, морская вода до самаго момента замерзанія становится все тяжелѣе и тяжелѣе, тогда какъ прѣсная вода или мало соленая — обратно. Вліяніе этихъ условій на замерзаніе морской воды подробнѣе разобрано далѣе въ статьѣ о льдахъ въ океанахъ (см. стр. 176).

Источники тепла, нагрѣвающіе водную поверхность.—Суточный и годовой ходъ температуры воды на поверхности океановъ и морей. — *Источники тепла.*— Источниками, нагрѣвающими водную поверхность, могутъ быть: звѣзды, солнце и внутренняя теплота твердой коры земного шара. Послѣдняя могла бы имѣть нѣкоторое значеніе для придонныхъ слоевъ, но почти никакого для поверхностныхъ. Теплота, получаемая отъ звѣздъ, совершенно ничтожна по величинѣ, такъ же, какъ и теплота, отраженная отъ поверхности луны.

Итакъ, единственнымъ источникомъ тепла, нагрѣвающимъ водную поверхность, является солнце. Солнечные лучи или лучистая энергія солнца проникаетъ черезъ атмосферу (при чемъ по пути воздухъ поглощаетъ около 30% энергіи) и достигаетъ до поверхности воды. Здѣсь часть лучистой энергіи солнца отражается вслѣдствіе зеркальности водной поверхности; другая часть той же энергіи тратится на испареніе воды, т.-е. на превращеніе ея въ газообразное состояніе. Слѣдовательно, эти обѣ части лучистой энергіи солнца теряются для нагрѣванія водной поверхности.

Другая доля лучистой энергіи солнца—частью проникаетъ на нѣкоторую глубину въ воду, главнымъ образомъ освѣщая и только отчасти нагрѣвая слои воды, сквозь которые она проходитъ.

Остальная же и значительная часть лучистой энергіи солнца поглощается поверхностнымъ слоемъ воды, а слѣдовательно, согласно физическимъ законамъ, она вмѣстѣ съ этимъ и нагрѣваетъ эти поверхностные слои.

Волненіе, перемѣшивая приповерхностные слои воды, тоже умень шаетъ нагрѣваніе водной поверхности. Какъ въ предшествовавшемъ отдѣлѣ было указано, вслѣдствіе большой теплоемкости воды, получаемое ею тепло нагрѣваетъ ее несравненно меньше, нежели сушу въ той же широтѣ.

Въ свою очередь, ночью и зимою, водная поверхность, охлаждаясь, освобождаетъ, какъ указано выше, огромное количество тепла (при охлажденіи 1 куб. сант. воды на 1° выдѣляется столько теплоты, что она нагрѣваетъ на 1°—3.134 к. с. воздуха).

Суточный и годовой ходъ температуры воды на поверхности океановъ и морей.—Правильная смѣна одного и того же явленія, повторяю-

щаяся періодически черезъ одинаковые промежутки времени, называется ходомъ наблюдаемаго явленія; суточнымъ ходомъ, если періодъ его суточный, и годовымъ—если періодъ его годовой.

Всѣ явленія, связанныя съ нагрѣваніемъ земной поверхности солнцемъ, должны имѣть и суточный и годовой ходъ.

Разница между крайними величинами того же періодическаго явленія въ теченіе одного періода называется амплитудою, смотря по періоду—суточною или годовою.

Наблюденія показали (главный матеріалъ—двухчасовыя наблюденія на *Challenger'*ѣ), что наибольшая температура воды на поверхности наступаетъ въ теченіе сутокъ въ открытыхъ океанахъ около 2—3 ч. дня, ближе къ экватору около 1 ч. дня, опаздывая относительно времени наибольшаго нагрѣванія (12 ч. дня) вслѣдствіе того, что охлажденіе поверхностной воды черезъ лученспусканіе въ небесное пространство идетъ менѣе быстро, и потому приходъ тепла нагрѣваніемъ и расходъ лученспусканіемъ сравниваются около 2—3 ч. дня, когда и наступаетъ наибольшая температура. Кромѣ того тутъ оказываютъ вліяніе теплоемкость воды и испареніе.

Суточныя амплитуды въ открытыхъ океанахъ, вдали отъ береговъ, очень малы. Даже въ тропикахъ онѣ не превосходятъ 0°,5, въ широтахъ около 30°—40° онѣ около 0°,4, а въ болѣе высокихъ широтахъ всего около 0°,1.

Въ теченіе года наибольшія и наименьшія температуры воды на поверхности открытыхъ океановъ наступаютъ въ среднемъ въ сѣверномъ полушаріи въ Августѣ и Февралѣ; а въ южномъ—обратно: наибольшія въ Февралѣ, а наименьшія въ Августѣ (въ тропикахъ наибольшія и наименьшія температуры бываютъ около мѣсяца позже)

Годовыя амплитуды въ открытыхъ океанахъ по величинѣ, конечно, больше суточныхъ. Наименьшія годовыя амплитуды встрѣчаются въ тропикахъ, гдѣ встрѣчаются области съ измѣненіемъ температуры воды въ предѣлахъ одного градуса. Пространства, имѣющія амплитуды до 2°, охватываютъ обширныя части океановъ въ тропикахъ, особенно въ Тихомъ. На картѣ годовыхъ амплитудъ температуры на поверхности океановъ (фиг. 53) видно, что области наибольшихъ годовыхъ колебаній температуры воды находятся: въ сѣверномъ полушаріи, въ широтахъ 40°—50°, а въ южномъ—въ широтахъ 30°—40°. Въ среднемъ на поверхности океановъ въ разныхъ широтахъ годовыя амплитуды таковы:

	сѣверное полушаріе							южное полушаріе			
широты.	50°	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°
годовыя амплитуды воды.	8°,4	**10°,2**	6°,7	3°,6	2°,2	2°,3	2°,6	3°,6	**5°,1**	4,°8	2°,9

Набольшія амплитуды встрѣчаются въ 40° с. и 30° ю. ш., потому что въ этихъ широтахъ на океанахъ вообще въ среднемъ располагаются максимумы давленія атмосферы (см. карты изобаръ), сопровождающіеся ясною погодою и слабыми вѣтрами, и къ тому же разница въ полуденныхъ высотахъ солнца и въ продолжительности дня и ночи лѣтомъ и зимою уже достаточно велика сравнительно съ болѣе высокими широтами; ясность же атмосферы способствуетъ лѣтомъ, въ болѣе длинные дни, нагрѣванію, а зимою, въ болѣе длинныя ночи, охлажденію. Слабые вѣтры, господствующіе въ центрахъ максимумовъ давленія, не способствуютъ увеличенію испаренія, т.-е. уменьшаютъ потерю тепла при переходѣ воды изъ жидкаго въ газообразное состояніе.

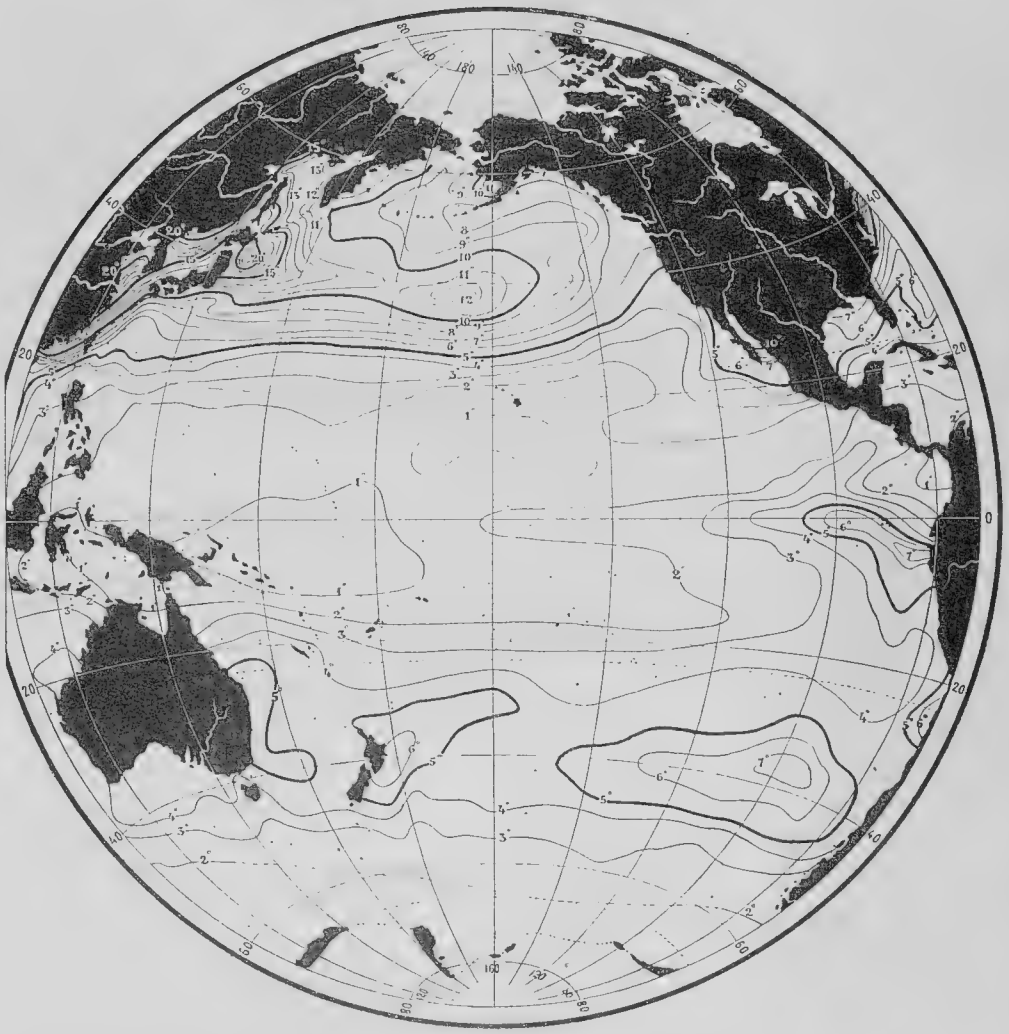
Съ приближеніемъ къ полярнымъ областямъ около параллелей 50° увеличиваются облачность и сила вѣтра, а съ ними и волненіе, перемѣшивающее поверхностныя воды и тѣмъ самымъ предохраняющее ихъ и отъ нагрѣванія и отъ охлажденія, почему въ этихъ широтахъ наблюдается уменьшеніе амплитудъ, особенно въ южномъ полушаріи, гдѣ и вѣтры свѣжѣе, и плавучіе льды находятся ближе и равномѣрнѣе распредѣлены вокругъ всего этого сплошного воднаго пояса (между 56°—65° ю. ш.).

Въ полярныхъ водахъ годовыя амплитуды не превосходятъ двухъ градусовъ, т.-е. сравниваются съ тропическими, потому что лѣтомъ солнечное тепло тратится на таяніе льдовъ и не нагрѣваетъ поверхностныя воды, а зимою воды, охладившись до точки замерзанія, покрываются льдомъ, предохраняющимъ ихъ отъ дальнѣйшаго пониженія температуры.

На картѣ (фиг. 53) видно, что самыя значительныя годовыя амплитуды встрѣчаются въ сѣверномъ полушаріи (такъ же, какъ и въ атмосферѣ); онѣ особенно велики въ двухъ областяхъ,—у береговъ Соединенныхъ Штатовъ къ югу отъ Новой Шотландіи и у береговъ Азіи отъ Сахалина до о-ва Гайнана. Въ обѣихъ указанныхъ областяхъ есть мѣста, гдѣ годовыя амплитуды доходятъ до 20° и даже до 30°, вслѣдствіе нѣкоторыхъ перемѣщеній въ теченіе года въ этихъ мѣстахъ теплыхъ (Гольфстрима въ Атл. ок. и Куро-Сиво въ Тих. ок.) и холодныхъ теченій, идущихъ изъ полярныхъ и сѣверныхъ областей.

Фиг. 53. Географическое распредѣленіе годовыхъ

Области амплитудъ болѣе 5°, лежащія вдоль западныхъ береговъ Ю. Америки (у Перу и Галапагосскихъ о-въ), западныхъ береговъ Африки въ Гвинейскомъ заливѣ и у Африки въ Индійскомъ океанѣ, наконецъ у мыса Гвардафуй, объясняются выступаніемъ въ этихъ мѣстахъ болѣе холодныхъ водъ нижнихъ слоевъ, вслѣдствіе сдуванія вѣтрами (пассатами и муссонами) поверхностнаго, болѣе теплаго слоя.



колебаній температуры воды по поверхности океановъ.

Карта амплитудъ (фиг. 53) ясно показываетъ, какія обширныя пространства Мірового океана отличаются очень небольшими годовыми колебаніями температуры отъ 5° и менѣе.

Наименьшая температура на поверхности въ открытомъ океанѣ наблюдалась въ Атлантическомъ океанѣ, къ востоку отъ береговъ пол-ва Новая Шотландія — 3°,3, а самая большая—въ западной части тропи-

ческой области Тихаго океана, къ сѣверу и югу отъ экватора +32° (32°,2), т.-е. разность крайнихъ температуръ доходитъ до 35° (въ воздухѣ же до 125°). Въ моряхъ, вслѣдствіе вліянія окружающей ихъ суши, амплитуды больше, чѣмъ въ близлежащихъ частяхъ океановъ; напр., въ *Балтійскомъ* морѣ, въ южной части, амплитуды доходятъ до 17°, въ средней до 14° и въ сѣверной до 12°. Въ *Черномъ* морѣ амплитуды отъ 15° до 17°, а въ сѣверной части, между Одессою и Крымомъ, до 20°—24°.

Географическое распредѣленіе температуры воды на поверхности океановъ и морей.—*Океаны.*—Для составленія картины распредѣленія температуры поверхностныхъ водъ въ океанахъ на основаніи судовыхъ наблюденій, собранныхъ за много лѣтъ, поступаютъ точно такъ же, какъ и при обработкѣ наблюденій надъ соленостью на поверхности, что̀ уже было изложено выше (см. стр. 87), и, послѣ обработки собраннаго матеріала, проводятъ на картѣ линіи равныхъ температуръ, называемыя изотермами. Можно такимъ образомъ составить карты изотермъ: годовыхъ, мѣсячныхъ или для даннаго момента. Для общаго представленія о географическомъ распредѣленіи температуры поверхностныхъ водъ въ океанахъ достаточно разсмотрѣть это явленіе въ среднемъ за годъ.

На картѣ (фиг. 54, стр. 134) представлены *годовыя изотермы*; разсматривая ихъ, видно, что въ южномъ полушаріи, начиная съ 40° ю. ш. и далѣе къ югу, изотермы распредѣляются почти согласно параллелямъ, т.-е., иначе говоря, географическое распредѣленіе температуры на поверхности въ этихъ широтахъ почти совпадаетъ съ астрономическимъ распредѣленіемъ нагрѣванія поверхности земного шара солнечными лучами. Если бы не было океаническихъ теченій, то исчезли бы и тѣ небольшіе изгибы изотермъ, которые видны на картѣ; тогда изотермы совершенно совпадали бы съ параллелями. По мѣрѣ же приближенія къ экватору изгибы изотермъ становятся все значительнѣе. Между экваторомъ и 30° ю. ш. изотермы дѣлаютъ особенно значительные изгибы часто на 20° по широтѣ въ южномъ Атлантическомъ и Тихомъ океанахъ и на 10° по широтѣ въ южномъ Индійскомъ океанѣ. При этомъ во всѣхъ трехъ океанахъ изотермы приближаются къ экватору въ восточной части океановъ и удаляются отъ него въ западной.

Совершенно такой же характеръ имѣютъ изотермы и къ сѣверу отъ экватора, въ океанахъ Атлантическомъ и Тихомъ, гдѣ тоже встрѣчаются изгибы изотермъ до 20° по широтѣ и болѣе и тоже въ восточ-

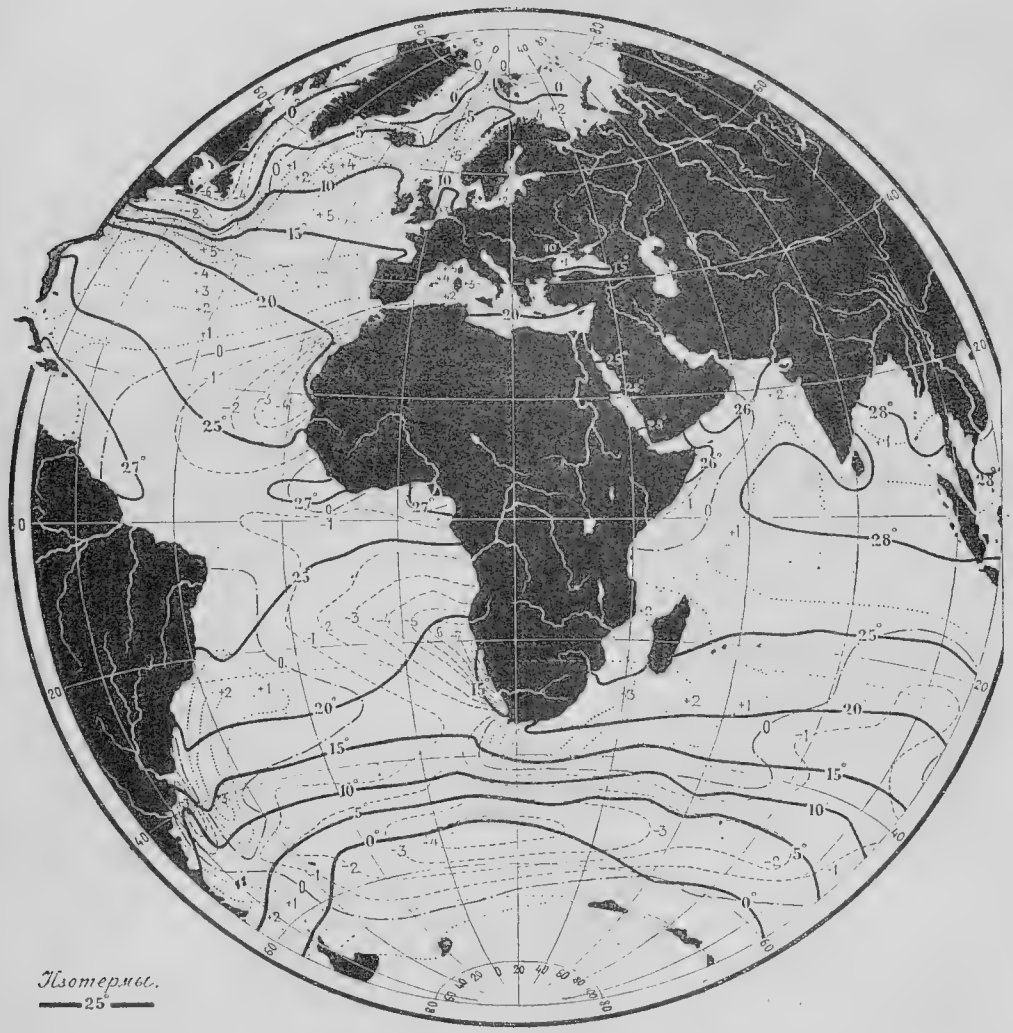
ной половинѣ океана къ экватору, а въ западной — къ полюсу. Въ Индійскомъ океанѣ, къ сѣверу отъ экватора, уже на 20° с. ш., находится берегъ Азіи, и потому здѣсь, за отсутствіемъ сѣверной половины океана, изотермы, соотвѣтственно мѣстнымъ условіямъ, распредѣлены совершенно иначе.

Изгибы изотермъ въ тропическихъ поясахъ океановъ вполнѣ объясняются распредѣленіемъ поверхностныхъ теченій. Послѣднее подробно изложено въ главѣ X (теченія), здѣсь же достаточно указать, что по обѣимъ сторонамъ экватора, съ востока на западъ, идутъ экваторіальныя или пассатныя теченія, воды которыхъ, по мѣрѣ движенія вдоль экватора къ западу, успѣваютъ нагрѣться до высокой температуры. Эти теченія, встрѣтивъ на западѣ материки Америки, Азіи и Африки, расходятся къ сѣверу и къ югу отъ экватора, разнося свои теплыя воды въ умѣренные пояса и обусловливая этимъ удаленіе изотермъ отъ экватора въ западныхъ частяхъ океановъ.

Въ восточныхъ же частяхъ океановъ между 30° с. и ю. широтъ къ экватору приближаются нѣсколько охлажденныя воды изъ умѣренныхъ широтъ, заставляя тѣмъ самымъ изотермы изгибаться здѣсь къ экватору. Кромѣ того, въ охлажденіи поверхностныхъ водъ тутъ еще играетъ роль и выступаніе болѣе холодныхъ водъ съ глубинъ вдоль западныхъ побережій континентовъ въ тропикахъ (т.-е. именно въ восточныхъ частяхъ океановъ), о чемъ было уже сказано выше въ статьѣ о годовыхъ амплитудахъ температуръ воды на поверхности.

Начиная съ 35° с. ш. и далѣе къ сѣверу, въ Атлантическомъ и Тихомъ океанахъ географическое распредѣленіе температуры на поверхности совершенно иное. Прежде всего обращаетъ вниманіе сближеніе изотермъ около 40° с. ш. въ западныхъ частяхъ обоихъ океановъ у береговъ континентовъ Америки и Азіи. Особенно рѣзко выражено это явленіе въ Атлантическомъ океанѣ; здѣсь на протяженіи 5° по широтѣ температура измѣняется отъ 20° до 10°. Въ Тихомъ океанѣ между 37° и 45° с. ш. у Японіи замѣтно то же самое явленіе, тамъ на протяженіи 5° по широтѣ температура воды уменьшается отъ 18° до 6°.

Въ обоихъ случаяхъ столь быстрое измѣненіе температуры по широтѣ объясняется встрѣчею холодныхъ теченій, идущихъ вдоль материковъ на юго-востокъ, и теплыхъ—на сѣверо-востокъ въ нѣкоторомъ удаленіи отъ береговъ.



Фиг. 54. Географическое распредѣленіе температуры

Въ восточныхъ же частяхъ обоихъ океановъ въ этихъ широтахъ и далѣе къ сѣверу изотермы широко расходятся вѣеромъ, что̀ особенно замѣтно въ Атлантическомъ океанѣ, поверхность котораго на сѣверѣ свободно сообщается съ полярнымъ бассейномъ. Здѣсь мѣстами изотермы идутъ вдоль меридіановъ или подъ угломъ къ нимъ въ 45°. Такое распредѣленіе температуры обусловлено теплыми теченіями въ сѣ-

воды по поверхности океановъ въ среднемъ за годъ.

веро-восточной части океановъ. (Вѣтви Гольфстрима въ Атл. ок. и Куро-Сиво въ Тих. ок.).

Такимъ образомъ географическое распредѣленіе температуры воды по поверхности океановъ, кромѣ естественнаго убыванія температуры отъ экватора къ полюсамъ вслѣдствіе астрономическихъ причинъ, находится въ большой зависимости еще и отъ мѣстныхъ условій, выражающихся

океаническими теченіями; всѣ изгибы изотермъ и отклоненія отъ нормальнаго распредѣленія температуры обусловливаются именно теченіями.

Указанныя отклоненія изотермъ показываютъ, что нѣкоторыя области океановъ теплѣе, а другія холоднѣе, чѣмъ слѣдовало бы по ихъ широтѣ. Эти уклоненія въ положительную и отрицательную стороны очень хорошо выражаются изономалами, т.-е. линіями, проведенными черезъ мѣста съ одинаковыми отклоненіями отъ нормальныхъ температуръ параллелей. На картѣ (фиг. 54) изономалы показаны: отрицательныя — черточками, а положительныя—точками; разсматривая расположеніе изономалъ, видно, что бо̀льшая часть поверхности океановъ отличается малыми уклоненіями отъ нормальной температуры и находится между изономалами + 2° и —2°. Большія положительныя отклоненія (до + 5°) встрѣчаются въ сѣверномъ Атлантическомъ океанѣ. Большія отрицательныя (до — 7° и — 8°) лежатъ всегда узкою полосою вдоль западныхъ береговъ континентовъ въ тропическихъ и умѣренныхъ широтахъ, т.-е. тамъ, гдѣ наблюдается поднятіе холодной воды съ глубинъ. Значительная область южнаго Атлантическаго и Индійскаго океановъ, около 50° — 60° ю. ш., охвачена изономалою —3°. Изономала —4° встрѣчается еще въ Тихомъ океанѣ около Курильскихъ о-въ, это есть слѣдствіе вліянія сильно охлажденныхъ водъ Охотскаго моря.

Въ мѣсяцы достиженія самыхъ высокихъ и низкихъ температуръ, въ Августѣ и Февралѣ, общая картина географическаго распредѣленія температуры по поверхности океановъ не измѣняется; только въ Августѣ, мѣсяцѣ наибольшихъ температуръ для сѣвернаго полушарія, вся система изотермъ нѣсколько передвигается къ сѣверу, и именно въ этомъ мѣсяцѣ наблюдаются и самыя высокія температуры воды на поверхности. Въ Февралѣ вся система изотермъ передвигается къ югу, и въ областяхъ, занятыхъ высокими температурами, крайнія величины меньше, нежели въ Августѣ, вслѣдствіе того, что лѣто сѣвернаго полушарія отличается болѣе высокими температурами, нежели лѣто южнаго.

Крайнія мѣсячныя температуры поверхности воды въ океанахъ достигаютъ слѣдующихъ предѣловъ: наибольшія въ Августѣ—до 32° въ западной части Тихаго ок. около Соломоновыхъ о-въ и въ восточной у береговъ сѣверо-зап. Мексики. Наименьшія въ Февралѣ — ниже 0° къ югу отъ 60° ю. ш. и къ сѣверу отъ береговъ С. Америки и Азіи въ полярномъ бассейнѣ, а также у Нью-Фаундленда и Гренландіи въ Атлантическомъ океанѣ.

Изъ изученія картъ годовыхъ изотермъ и картъ изотермъ для Августа и Февраля видно, какія обширныя части поверхности Мірового океана заняты водою высокихъ температуръ (выше 20°). Въ среднемъ около 53% поверхности Мірового океана покрыто слоемъ воды выше 20°, и только 13% поверхности приходится на воды съ температурою ниже 4°.

По картамъ изотермъ можно вычислить среднія температуры поверхности каждаго изъ трехъ океановъ и наконецъ всего Мірового океана:

Океаны.	Среднія темп. всей поверхности.
Атлантическій	16°,9
Индійскій	17,0
Тихій	19,1
Міровой	17,4

Такимъ образомъ Тихій океанъ самый теплый, а Атлантическій наиболѣе холодный, что̀ отчасти обусловливается ихъ географическимъ расположеніемъ. Тихій наиболѣе широкъ въ тропической полосѣ, а Атлантическій именно тамъ-то и суживается, а расширяется въ умѣренныхъ и высокихъ широтахъ южнаго полушарія, гдѣ воды на поверхности значительно переохлаждены (см. изономалы, фиг. 54.). Затѣмъ сѣверный Тихій почти лишенъ сообщенія съ Сѣвернымъ Полярнымъ бассейномъ, а Атлантическій, наоборотъ, получаетъ оттуда большое количество охлажденной воды.

Если сравнить среднюю температуру поверхности Мірового океана **17°,4** со среднею годовою температурою нижнихъ слоевъ атмосферы вокругъ всего земного шара **14°,4**, то окажется, что въ среднемъ за годъ поверхностныя воды океана на **3°** теплѣе воздуха. Отсюда еще нагляднѣе видно, какой запасъ тепла для нагрѣванія атмосферы представляетъ собою Міровой океанъ, и какое большое значеніе для физико-географическихъ условій земного шара имѣетъ преобладаніе водной поверхности надъ сушею и ихъ взаимное распредѣленіе, при которомъ высокія широты заняты преимущественно водами.

Температура на поверхности морей.—Изъ большого числа существующихъ морей достаточно указать здѣсь на русскія моря и еще на нѣкоторыя, замѣчательныя своими особенно высокими температурами.

Бѣлое море въ широкой части входа въ него (Бѣлое море часто понимаютъ, начиная къ югу отъ линіи Канинъ носъ—Святой носъ, хотя физико-географически надо считать его начало къ югу отъ порога въ

Горлѣ, т.-е. по параллели 67° с. ш., отъ устья р. Попоя до мыса Конушинъ) не глубоко, большею частью около 100 м., и лѣтомъ (Авг.—Сент.) здѣсь температуры на поверхности до 6° — 8°, зимою же (Янв. — Апр.) понижаются до — 1°,0 и — 2°,0; періодъ льдовъ здѣсь длится около 2½— 3½ мѣсяцевъ, при чемъ встрѣчается только разбитый ледъ.

Самая узкая часть входа въ Бѣлое море — Горло имѣетъ наибольшія температуры въ концѣ лѣта (Авг.—Сент.), когда онѣ доходятъ до 7° и 9°,5; наименьшія же въ концѣ зимы (Апр.), около — 1°,6 и — 1°,8. Сезонъ льдовъ продолжается около 5 мѣсяцевъ (конецъ Ноября — начало Мая).

Въ самомъ Бѣломъ морѣ на поверхности наибольшія температуры бываютъ въ Августѣ, и въ области глубокой части моря (средняя часть и Кандалакск. зал.) онѣ достигаютъ до 13° — 14°, а ближе къ дельтѣ С. Двины и до 16°. Въ мелководной части моря (прибрежн. мѣста и Онежскій зал.) до 12°—15°. Сезонъ льдовъ начинается въ концѣ Октября и продолжается до середины Мая. Неподвижный ледъ встрѣчается только у береговъ.

Балтійское море имѣетъ наибольшія температуры на поверхности въ Августѣ; въ южной широкой части его онѣ доходятъ до 16° — 17°, также, какъ и въ восточной половинѣ Финскаго залива. Въ Ботническомъ заливѣ уже при входѣ всего 13°, а далѣе на сѣверъ температуры убываютъ до 10°.

Наиболѣе низкія температуры бываютъ въ Февралѣ. Въ южной части моря онѣ доходятъ до 2°,5; а въ заливахъ Финскомъ и Ботническомъ до 0° и немного ниже.

Замерзаніе начинается на сѣверѣ Ботническаго залива въ Декабрѣ; наибольшее распространеніе льды получаютъ обыкновенно въ Мартѣ, когда они сплошнымъ покровомъ сковываютъ Ботническій зал. до Кваркена и сѣверо-восточную и восточную части Финскаго зал., ледяной покровъ котораго соединяется прибрежною полосою льдовъ со льдами Ботническаго зал. Окончательно растаиваютъ льды въ Финскомъ зал. въ Маѣ, а на сѣверѣ Ботническаго—только въ Іюнѣ.

Въ *Черномъ* морѣ наибольшія температуры на поверхности наблюдаются въ Августѣ, когда онѣ доходятъ отъ 22° до 26°.

Наименьшія бываютъ въ Февралѣ, когда въ южной части моря температура около 8° — 12°, а въ сѣверной 6° — 8°, и иногда 0°, такъ какъ образуется ледъ, хотя и на короткое время. Дольше всего льды

держатся въ Днѣпровско-Бугскомъ лиманѣ—около двухъ съ половиною, трехъ мѣсяцевъ (Дек.—Мартъ). Въ Одесскомъ зал. ледъ бываетъ въ Декабрѣ и Январѣ въ теченіе 2—3 недѣль.

Въ *Азовскомъ* морѣ наибольшія температуры воды бываютъ въ Августѣ и достигаютъ 25°—26°.

Наименьшія температуры случаются въ Февралѣ; въ Декабрѣ начинается уже замерзаніе, а на сѣверѣ моря и въ Ноябрѣ. Продолжительность ледяного покрова отъ 2 до 4 мѣсяцевъ.

Въ *Каспійскомъ* морѣ имѣется мало данныхъ для той его части, которая лежитъ вдали отъ береговъ. Весною и въ началѣ лѣта температура воды доходитъ до 23°. Зимою сѣверная часть моря замерзаетъ на довольно обширное пространство на время около 4 мѣсяцевъ. Плавающіе льды изъ сѣверной части моря спускаются до Дербента; на восточномъ берегу море замерзаетъ у мыса Тюбъ Караганъ на время около мѣсяца.

Берингово море, какъ и другія моря побережья Азіи въ Тихомъ океанѣ, еще недостаточно изучено. Въ Августѣ мѣсяцѣ у Берингова пролива температуры отъ 3° до 5° и 8°; на югѣ, у Алеутскихъ о-въ, проходитъ изотерма 10°. Такимъ образомъ это море отличается очень низкими температурами. Зимою вся сѣверная часть замерзаетъ, а южная, у береговъ Камчатки, въ концѣ зимы также покрывается льдомъ.

Охотское море тоже принадлежитъ къ очень холоднымъ бассейнамъ. Здѣсь, въ Августѣ, въ средней части моря, температура воды отъ 11° до 12°, а въ сѣверной даже немного выше. Температуры въ 15°—16° встрѣчаются только въ южномъ углу моря. Зимою море замерзаетъ и, повидимому, на обширныхъ пространствахъ покрывается льдами.

Японское море въ Августѣ на сѣверѣ имѣетъ температуры отъ 16° до 20°, которыя къ югу возрастаютъ и доходятъ до 27°. Замерзаетъ только сѣверная часть моря до линіи Лаперузовъ проливъ—Владивостокъ. Въ началѣ Декабря замерзаніе начинается, а къ Апрѣлю все море, кромѣ Татарскаго пролива, уже очищается отъ льдовъ.

Красное море представляетъ примѣръ бассейна съ очень высокими температурами по поверхности. Въ Августѣ мѣсяцѣ онѣ доходятъ до 32° въ его южной части, а въ Февралѣ тамъ же отъ 24° до 25°.

Еще болѣе высокія температуры встрѣчаются въ *Персидскомъ* зал., гдѣ въ Августѣ онѣ доходятъ до 35°,6, а въ Февралѣ уменьшаются до 22°.

Распредѣленіе температуры воды на глубинахъ океановъ и морей.—

Способы проникновенія тепла на глубины океановъ.—Тепло можетъ проникать въ глубину океановъ слѣдующими способами: непосредственно вмѣстѣ съ лучистою энергіей солнца, теплопроводностью и посредствомъ конвекціонныхъ движеній.

Первымъ путемъ, какъ уже и было указано выше (стр. 127), лучистая энергія солнца не можетъ проникать глубоко, такъ какъ значительная часть ея поглощается верхними слоями, а затѣмъ довольно быстро израсходывается и остальная часть энергіи, освѣщающая и немного нагрѣвающая верхній слой воды около 800—1.000 м. (см. далѣе—Прозрачность). Въ настоящее время не имѣется рѣшающихъ изслѣдованій относительно той глубины, до которой солнечные лучи нагрѣваютъ слои воды *).

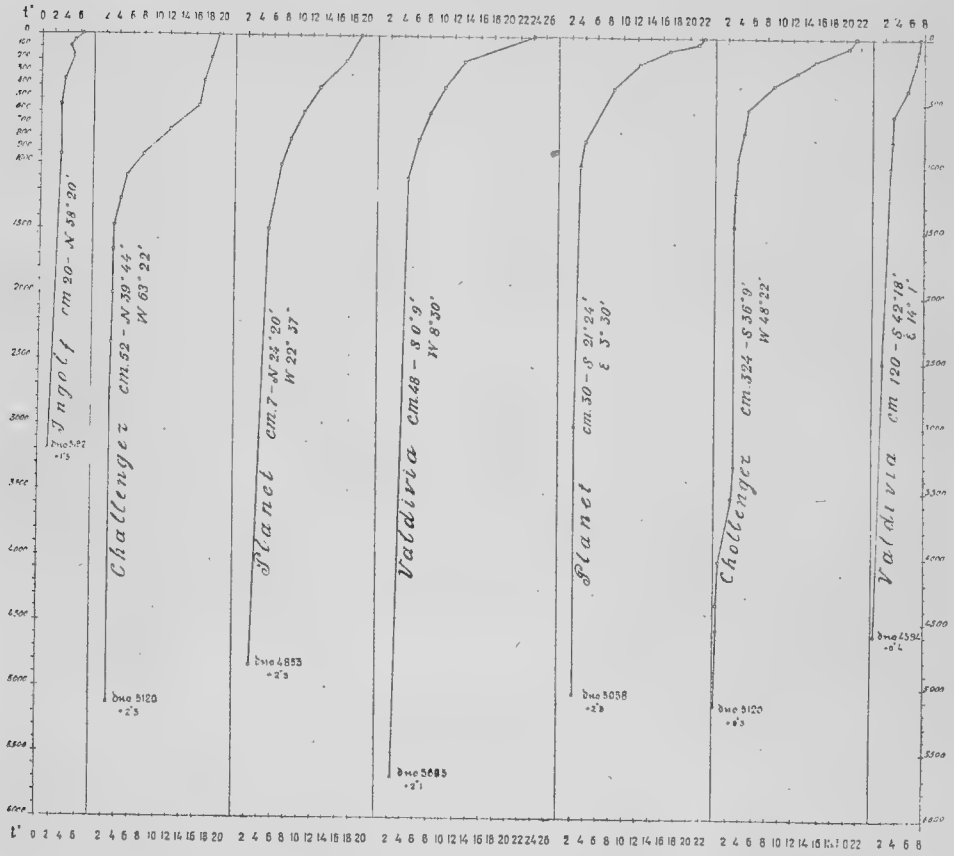
Теплопроводность воды чрезвычайно мала, и слѣдовательно такимъ путемъ передача тепла въ глубину происходитъ чрезвычайно медленно.

Конвекціей, какъ уже было указано, называется вертикальное движеніе, вызванное въ данной средѣ такими измѣненіями въ плотности слоевъ, что выше лежащіе слои оказываются большей плотности, нежели находящіеся подъ ними. Если при этомъ поверхностные слои и теплѣе ниже лежащихъ, то, опускаясь, они будутъ нагрѣвать глубинные слои.

Въ водныхъ бассейнахъ съ соленою водою подобное явленіе обусловливается не только пониженіемъ температуры на поверхности, но и испареніемъ поверхностной воды, при чемъ въ обоихъ случаяхъ происходитъ увеличеніе ея плотности (явленіе суточной конвекціи бываетъ во всѣхъ водоемахъ. Оно хорошо видно далѣе на примѣрахъ, графикъ стр. 178). Такія конвекціонныя движенія въ теченіе сутокъ могутъ охватывать только неглубоко лежащіе слои, перемѣны же въ состояніи поверхностной воды, вызываемыя годовыми колебаніями, конечно, значительно больше, и потому и конвекціонныя движенія, ими обусловливаемыя, захватываютъ слои гораздо большей мощности. Послѣдняя причина главнымъ образомъ и способствуетъ переносу тепла отъ поверхности въ болѣе глубокіе слои океановъ, какъ это и подтверждается наблюденіями въ умѣренныхъ широтахъ океановъ.

---

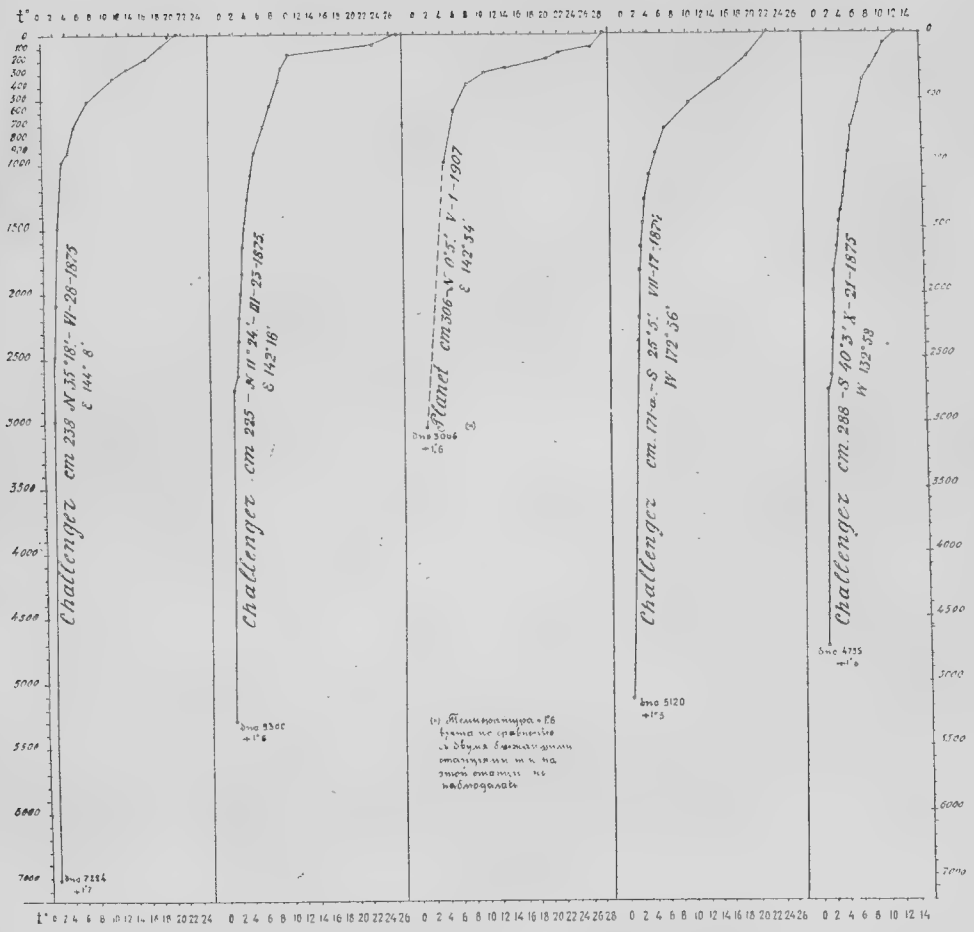
*) Люкшъ во время австрійской океанографической экспедиціи въ Средиземное и Красное моря сдѣлалъ нѣкоторыя изслѣдованія, на основаніи коихъ предположилъ возможность нагрѣванія воды солнечными лучами до 100 м. глубины.



Фиг. 55. Распредѣленіе температуры на глубинахъ Атлантическаго океана.

Распредѣленіе температуры на глубинахъ отдѣльныхъ океановъ въ тропическихъ и умѣренныхъ поясахъ. — Суточныя колебанія температуры воды проникаютъ на очень незначительныя глубины ниже поверхности, не болѣе 25 — 30 м. (14 — 16 м. с.). Годовыя колебанія, конечно, проникаютъ глубже и захватываютъ слой до 150 м. (по даннымъ Эме въ Средиз. м. до 350 м.). Ниже этой глубины температуры разныхъ слоевъ не имѣютъ ни суточныхъ, ни годовыхъ колебаній, существованіе же колебаній болѣе продолжительныхъ періодовъ, если таковыя имѣются, до сихъ поръ еще не обнаружено.

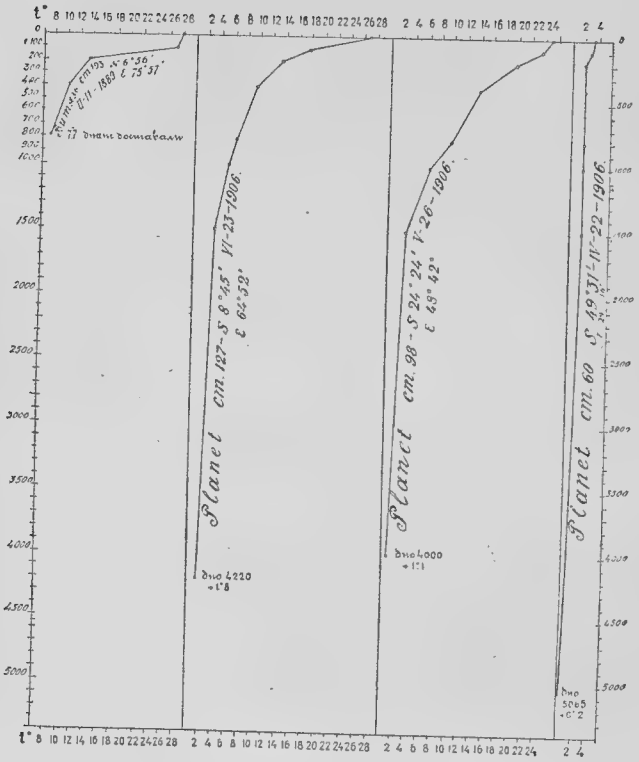
Отдѣльные случаи наблюденій вертикальнаго распредѣленія температуры въ океанахъ, имѣвшія мѣсто до плаванія *Challenger*'а (1872—1876 гг.), были слишкомъ отрывочны и немногочисленны, чтобы на нихъ



Фиг. 56. Распредѣленіе температуры на глубинахъ Тихаго океана.

основывать какія-либо общія заключенія*), и только послѣ вышеупомянутой экспедиціи, побывавшей во всѣхъ трехъ океанахъ и работавшей съ болѣе современными инструментами, получился сразу достаточный

*) Однако еще Д. Кларкъ Россъ, послѣ своего антарктическаго плаванія (1839—41 гг.), высказалъ такую гипотезу; предполагая, что вода океановъ имѣетъ наибольшую плотность при 4°, онъ, на основаніи имѣвшихся немногочисленныхъ наблюденій термометрами съ незащищенными отъ давленія воды шариками, т.-е. дававшими слишкомъ высокія температуры, предположилъ, что на нѣкоторой глубинѣ въ океанѣ существуетъ слой воды постоянной температуры, распространяющійся до самаго дна.



Фиг. 57. Распредѣленіе температуры на глубинахъ Индійскаго океана.

матеріалъ для сужденія о вертикальномъ распредѣленіи температуры въ Міровомъ океанѣ. Потому выводы, сдѣланные на основаніи собранныхъ *Challenger*'омъ данныхъ, получили общій характеръ, и послѣдующія океанографическія работы вполнѣ подтвердили ихъ.

Главнѣйшій и самый интересный выводъ состоитъ въ слѣдующемъ. Оказывается, что вездѣ въ открытыхъ океанахъ, кромѣ полярныхъ странъ, температура отъ поверхности до самаго дна непрерывно уменьшается, и на днѣ, на глубинахъ въ 3.000—4.000 м. (1.600—2.200 м. с.) и болѣе бываетъ между $+2°$ и $-1°$, и слѣдовательно всегда ниже самой низкой температуры на поверхности въ тѣхъ же мѣстахъ. Такой характеръ измѣненія температуры съ увеличеніемъ глубины для трехъ большихъ океановъ хорошо виденъ на графикахъ, приведенныхъ выше въ статьѣ о солености (фиг. 43, стр. 102), а также на графикахъ, помѣщенныхъ здѣсь, гдѣ для каждаго океана дано нѣсколько кривыхъ рас-

Для полноты и ясности картины ниже приведены цифровыя таблицы, по которымъ построены графики фиг. 55, 56 и 57.

Индійскій океанъ.

Витязь. Ст. 193; 11-II-1889 6°56′ с. ш.; 75°57′ в. д.		Planet. Ст. 127; 23-VI-1906 8°45′ ю. ш.; 64° 52′ в. д.		Planet. Ст. 98; 26-V-1906 24°24′ ю. ш.; 48° 42′ в. д.		Planet. Ст. 60; 22-IV-1906 49°31′ ю. ш.; 29°16′ в. д.	
метры.	темпер.	метры.	темпер.	метры.	темпер.	метры.	темпер.
0	28°,2	0	27°,3	0	24°,9	0	3°,5
25	28,2	—	—	—	—	—	—
50	28,0	50	23,3	—	—	—	—
75	—	75	20,0	—	—	—	—
100	27,4	100	17,7	100	23,9	100	3,3
200	13,8	200	13,5	200	19,6	200	2,2
400	10,3	400	9,8	400	14,1	400	2,3
800	7,7	800	6,6	800	9,4	800	2,3
		1000	5,6	1000	6,8	1000	2,3
		1500	3,8	1500	3,2	1500	2,2
		—	—	4000	1,1	—	—
		4220 дно	1,8			5065 дно	0,2

Тихій океанъ.

Challenger. Ст. 238; 28-VI-1875 35°18′ с. ш.; 144°8′ в. д.		Challenger. Ст. 268; 30-VIII-1875 7°35′ с. ш.; 149°49′ з. д.		Planet. Ст. 306; I-V-1907 0°5′ с. ш.; 142°54′ в. д.		Challenger. Ст. 171-a; 17-VII-1874 25°5′ с. ш.; 172°56′ з. д.		Challenger. Ст. 288; 21-X-1875 40° 3′ ю. ш.; 132° 58′ з. д.	
метры.	темпер.	метры.	темпер.	метры.	темпер.	метры.	темпер.	метры.	темпер.
0	21°,4	0	27°,2	0	28°,9	0	22°,4	0	12°,5
91	18,9	91	23,3	100	27,2	91	—	91	10,6
—	—	—	—	150	22,1	—	—	—	—
183	16,4	183	10,1	200	20,3	183	19,8	183	9,9
274	13,9	274	9,6	250	14,1	—	—	274	8,4
—	—	—	—	300	10,7	—	—	—	—
366	11,5	366	9,0	400	8,0	366	15,1	366	7,3
549	7,7	549	7,7	600	6,0	549	10,2	549	6,3
732	5,7	732	6,2	—	—	732	6,7	732	5,5
914	4,3	914	5,1	1000	4,4	914	5,2	914	5,0
1097	3,4	1097	4,4			1097	4,0	1097	4,4
1280	3,1	1280	4,0			1280	3,3	1280	3,9
1463	2,8	1463	3,7			1463	2,9	1463	3,4
1646	2,6	1646	3,4			1646	2,7	1646	3,6
1828	2,4	1828	3,2			1828	2,6	1828	2,7
2012	2,3	2012	2,9			2012	2,4	2012	2,5
2195	2,1	2195	2,6			2195	2,3	2195	2,3
2377	2,2	2377	2,4			2377	2,2	2377	2,2
2650	1,9	2650	2,1			—	—	2650	2,1
2743	1,8	2743	1,8			—	—	2743	1,9
—	—	—	—			—	—	4755	1,6
—	—	5300	1,6			5120	1,3	дно	
7224	1,7	дно				дно			
дно									

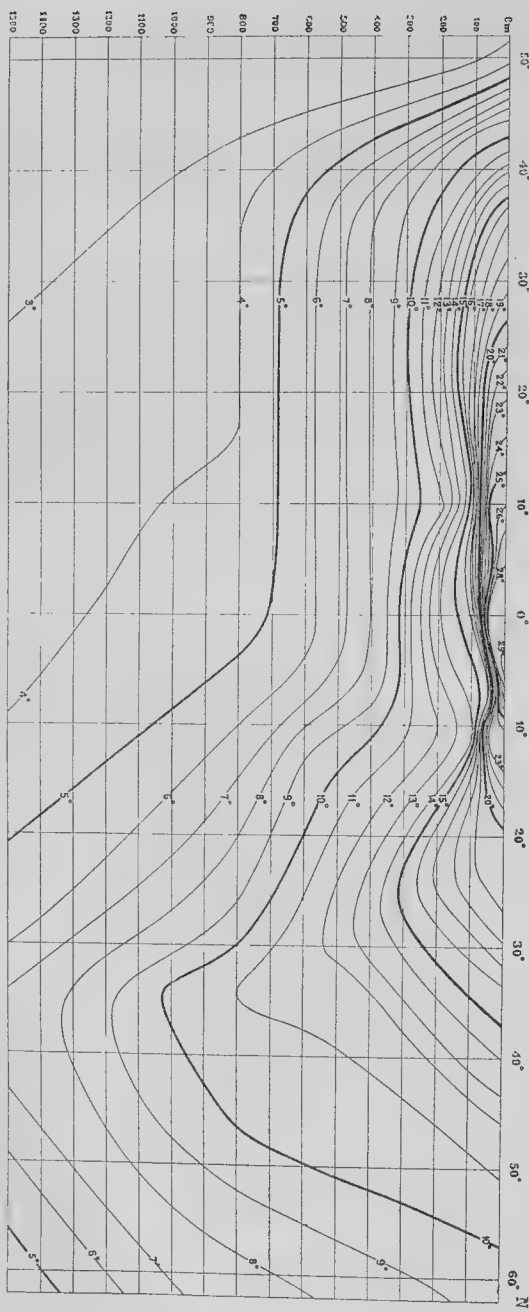
Атлантическій океанъ.

Ingolf. Ст. 20; 20-VI-1895 58°20′ с. ш.; 40°48′ з. д.		Challenger. Ст. 52; 23-V-1873 39°44′ с. ш.; 63°22′ з. д.		Planet. Ст. 7; 10-II-1906 24°20′ с. ш.; 22°37′ з. д.		Valdivia. Ст. 48; 9-IX-1898 0°9′ ю. ш.; 8°30′ з. д.		Planet. Ст. 30; 24-III-1906 21°14′ ю. ш.; 3°30′ в. д.		Challenger. Ст. 324; 29-II-1876 36°9′ ю. ш.; 48°22′ з. д.		Valdivia. Ст. 120; 18-XI-1898 42°18′ ю. ш.; 14° 1′ в. д.	
метры.	темп.	метры.	темп.	метры.	темп.	метры.	темп.	метры.	темп.	метры.	темп.	метры.	темп.
0	6°,1	0	19°,6	0	19°,7	0	24°,0	0	22°,2	0	21°,9	0	7°,8
57	5,1	—	—	—	—	—	—	50	21,5	—	—	—	—
94	4,6	—	—	—	—	—	—	100	17,0	91	20,4	100	7,6
188	5,0	183	18,2	200	17,2	200	13,6	200	12,5	183	15,6	200	6,7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	274	12,1	—	—
377	3,9	366	17,7	400	13,1	400	10,1	400	8,2	366	8,9	400	5,5
565	3,2	549	16,3	600	10,9	600	8,0	—	—	549	4,8	600	3,4
—	—	732	11,9	800	8,4	800	6,5	800	4,0	732	4,1	800	3,3
942	3,2	914	8,0	1000	7,2	—	—	1000	3,5	914	3,7	1000	2,8
—	—	1097	5,6	—	—	1100	4,7	—	—	1097	3,4	—	—
—	—	1280	4,3	—	—	—	—	—	—	1280	3,0	—	—
—	—	1463	3,9	1500	5,6	—	—	1500	3,3	1463	2,8	—	—
—	—	1646	3,7	—	—	—	—	—	—	1646	2,8	—	—
—	—	2012	3,4	—	—	—	—	—	—	2012	2,8	—	—
—	—	2377	3,2	—	—	—	—	—	—	2377	2,8	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2560	2,8	—	1,8
—	—	2743	2,9	—	—	—	—	—	—	2743	2,8	2600	—
3192 дно	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	3292	2,8	—	—
		—	—	—	—	—	—	3000	2,5	3658	2,2	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	4024	0,7	—	—
		—	—	4853 дно	2,5	—	—	—	—	4572	0,3	—	0,4
		5120 дно	2,3			—	—	—	—	5120 дно	0,3	4595 дно	
						5695	2,1	5060 дно	2,5				

Въ нѣкоторыхъ столбцахъ цифры глубинъ представляютъ результатъ перевода морскихъ саженъ въ метры, почему онѣ и оканчиваются разными цифрами, а не нулями.

предѣленія температуры съ глубиною въ разныхъ широтахъ: умѣренныхъ, тропическихъ и экваторіальныхъ поясовъ, и притомъ для такихъ мѣстъ, гдѣ измѣненіе температуры съ глубиною характерно (фиг. 55, 56 и 57). Эти данныя извлечены изъ оригинальныхъ наблюденій океанографическихъ экспедицій.

На графикахъ видно, что въ тропическихъ широтахъ отъ поверхности до 1.000 м. (550 м. с.) глубины температура убываетъ быстро (отъ 28° — 22° до 4° — 3°,5); начиная же съ 1.500 м. (820 м. с.) она убываетъ настолько медленно, что отъ 1.500 м. до 5.500 м., т.-е. въ слоѣ 4.000 м. толщиною, температура измѣняется всего на

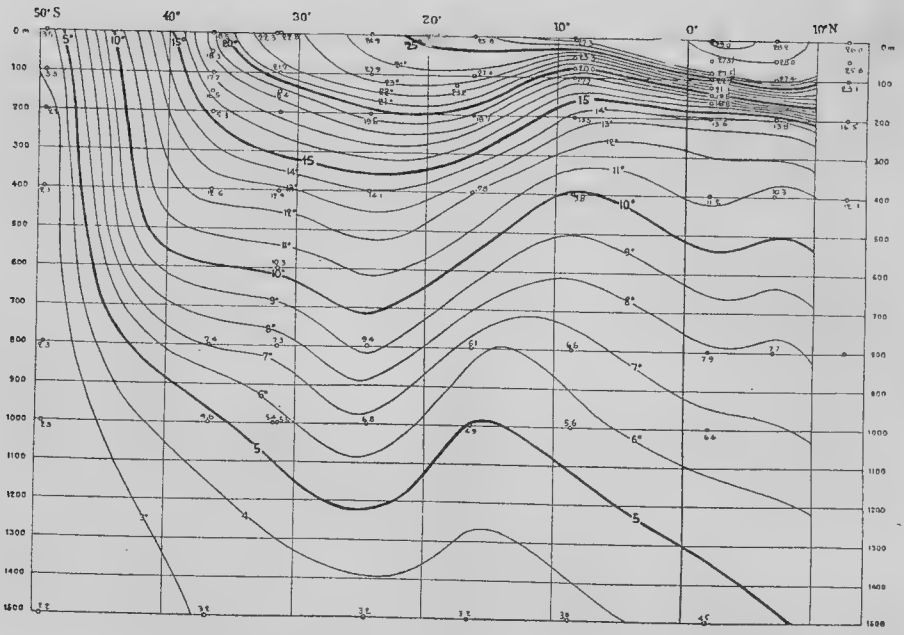


Фиг. 58. Распредѣленіе температуры на глубинахъ Атлант. ок. между 60° с. ш. и 50° ю. ш. и между меридіанами 29°30′ з. д. и 29°16′ в. д.

1°—2°, тогда какъ въ верхнемъ слоѣ на протяженіи первой тысячи метровъ отъ поверхности температура убывала на 24°—20°.

Въ умѣренныхъ широтахъ характеръ измѣненія температуры съ глубиною остается тотъ же, только вслѣдствіе болѣе низкихъ температуръ на поверхности уменьшеніе температуры съ глубиною происходитъ гораздо медленнѣе, что̀ хорошо видно на всѣхъ графикахъ для соотвѣтствующихъ широтъ (фиг. 55, 56 и 57).

Для полноты картины вертикальнаго распредѣленія температуры въ океанахъ, кромѣ того, приводятся вертикальные разрѣзы для всѣхъ трехъ океановъ вдоль меридіановъ, построенные на основаніи наблюденій разныхъ экспедицій послѣдняго времени (фиг. 58, 59 и 60). На этихъ разрѣзахъ хорошо видно, какъ изотермобаты (линіи равныхъ температуръ на различныхъ глубинахъ) сближаются въ тропическихъ частяхъ океановъ, изгибаясь въ то же

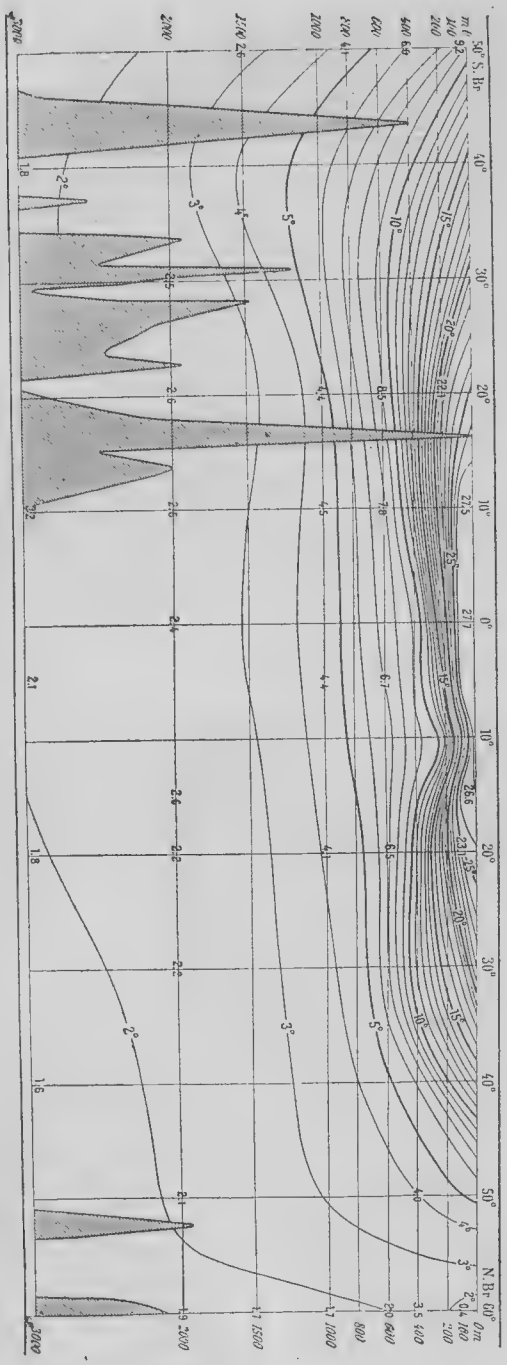


Фиг. 59. Распредѣленіе температуры на глубинахъ въ западн. Индійскомъ ок. между 10° с. ш. и 50° ю. ш. и между 29° в. д. и 80° в. д.

время вверхъ, къ поверхности, а въ умѣренныхъ широтахъ — внизъ, ко дну. Чѣмъ глубже, тѣмъ и разстояніе между изотермобатами больше, т.-е. измѣненіе температуры съ глубиною происходитъ все медленнѣе и медленнѣе. Въ Тихомъ океанѣ, самомъ обширномъ и самомъ глубокомъ, гдѣ условія рельефа дна болѣе однообразны, нежели въ другихъ океанахъ, на разрѣзѣ (фиг. 60), построенномъ до глубины въ 3.000 м. (1.640 м. с.), т.-е. въ два раза большей, нежели разрѣзы для двухъ другихъ океановъ, видно, насколько равномѣрно распредѣлена температура на большихъ глубинахъ; изотермобаты идутъ почти горизонтально, на громадныхъ протяженіяхъ по меридіану температуры почти не мѣняются, и никакой зависимости отъ широты совершенно незамѣтно.

Такимъ образомъ оказывается, что теплый поверхностный слой воды въ океанахъ съ температурою выше 20°, который, какъ выше указано (стр. 136), покрываетъ 53% всей поверхности Мірового океана, имѣетъ очень небольшую толщину, всего 100—150 метровъ, и только прикрываетъ огромную толщу водъ болѣе низкой температуры.

На поверхности океановъ температуры въ разныхъ мѣстахъ колеблются, какъ выше было указано, отъ —2° до + 30°, а уже на глубинѣ



Фиг. 69. Распредѣленіе температуры на глубинахъ Тихаго ок. между 60° с. ш. и 50° ю. ш. вдоль меридіана 180°.

400 м. эти разности уменьшаются до 18° (отъ 0° до 18°), какъ это видно на картѣ изотермобатъ, для глубины въ 400 м. (фиг. 64, стр. 162).

Разности температуръ еще менѣе въ придонныхъ слояхъ океановъ, гдѣ онѣ измѣняются всего отъ —1°,3 *) до + 3° въ разныхъ мѣстахъ океаническаго ложа ниже окраинъ материковыхъ склоновъ.

Разсматривая карту придонныхъ температуръ (фиг. 61), видно, что въ Тихомъ океанѣ придонныя температуры распредѣлены весьма равномѣрно. На огромномъ пространствѣ ложа этого обширнаго океана (45% Мірового океана и 33% всей земной поверхности) придонныя температуры измѣняются въ предѣлахъ всего отъ + 1° до + 2°,5; при чемъ въ сѣверномъ полушаріи немного выше, нежели въ южномъ,

*) Придонныя температуры до —1°,95, наблюдавшіяся на *Deutschland* въ 1912 г. у самаго Антарктическаго материка, въ Ю. Атл. ок. на глубинахъ 600—700 м., совершенно исключительны и имѣютъ малое распространеніе. Онѣ объясняются мѣстными причинами, главнымъ образомъ характеромъ подводнаго рельефа въ этихъ мѣстахъ.

Фиг. 61. Распредѣленіе придонныхъ температуръ (равноплощадная проекція Эккерта).

гдѣ самыя низкія температуры (+ 1°) встрѣчаются въ глубокомъ понижепіи дна между линіей Новая Зеландія — о-ва Тонга и островами Низменными. Температуры 0° начинаютъ попадаться только далеко на югѣ, за 60° ю. ш.

Въ Индійскомъ океанѣ придонныя температуры также распредѣлены очень равномѣрно. Линія температуръ ниже 0°, окаймляющая Антарктическій континентъ, здѣсь далеко выдвигается къ сѣверу и лежитъ между 60° и 50° ю. ш. Вся остальная часть океана имѣетъ придонныя температуры отъ 0° до + 2°, при чемъ въ южномъ полушаріи, съ увеличеніемъ глубины, понижаются и придонныя температуры (0°, + 1°). Поэтому-то, въ зависимости отъ рельефа дна, тамъ и получаются двѣ области температуръ отъ 0° до + 1°; одна лежитъ между Мадагаскаромъ и о-вами Кергелэнъ и св. Павла, а другая между послѣдними о-вами и Австраліей. Эта послѣдняя область доходитъ на сѣверѣ до Явы.

Въ Атлантическомъ океанѣ вся сѣверная его часть отличается высокими придонными температурами отъ 2° до 3°, и у самаго подножія подводнаго порога, идущаго отъ Гренландіи къ Европѣ, встрѣчаются температуры въ 3°,5 и даже 4°, тогда какъ сейчасъ же къ сѣверу отъ того же подводнаго кряжа придонныя температуры около — 1°,2; тѣ и другія на глубинахъ отъ 1.000 до 2.000 м. Глубокія котловины (болѣе 5.000 м. = 2.730 м. с.), лежащія по обѣ стороны меридіональнаго поднятія дна океана, обладаютъ придонными температурами отъ 2° до 2°,5, и такія же температуры встрѣчаются и въ южномъ полушаріи въ Африканской котловинѣ, потому что она на югѣ замкнута глубинами менѣе 4.000 м. (2.190 м. с.), отдѣляющими ее отъ большихъ глубинъ полярнаго пространства. Напротивъ того, придонныя температуры Американской котловины, въ южномъ полушаріи, на югѣ сообщающейся съ приполярными областями, гораздо ниже, нежели гдѣ-либо въ умѣренныхъ широтахъ въ океанахъ, а именно отъ 0°,4 до 0°,7, а противъ Патагоніи даже ∓ 0°,1 начиная съ параллели 50° ю. ш. Все остальное придонное пространство океана до Антарктическаго континента имѣетъ придонныя температуры ниже 0°, въ среднемъ около — 0°,5, спускающіяся мѣстами до—0°,9.

Полярныя области океановъ.—Въ полярныхъ областяхъ всѣхъ трехъ океановъ въ южномъ полушаріи и въ сѣверномъ полярномъ пространствѣ, составляющемъ внутреннее море Атлантическаго океана и пока еще часто неправильно называемомъ Сѣвернымъ Полярнымъ океа-

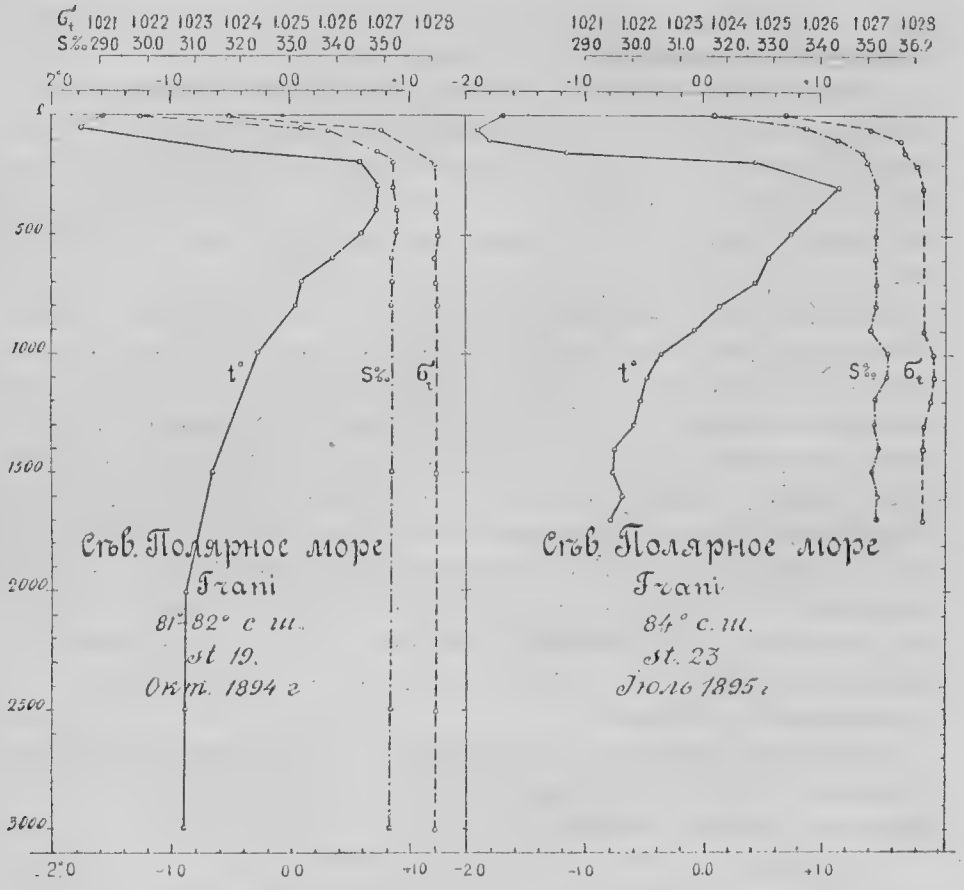
номъ, вертикальное распредѣленіе температуры весьма своеобразно и имѣетъ одинаковый характеръ въ обоихъ полушаріяхъ.

Верхній слой воды въ полярныхъ пространствахъ отличается низкою температурою, и даже лѣтомъ температура его рѣдко поднимается выше + 1°, по большей части въ лѣтніе мѣсяцы она бываетъ около + 0,5°, нерѣдко спускаясь ниже 0° и до — 1°, и даже до — 1°,5. Въ теченіе зимы и весны температуры поверхностныхъ водъ держатся около — 1°,5 — 1°,9, а осенью между 0° и — 1°,0.

Сѣверное Полярное море (Сѣв. Полярный океанъ) Атлантическаго океана, какъ уже было указано выше (см. стр. 40 и фиг. 18), раздѣляется порогомъ, идущимъ отъ Шпицбергена къ Гренландіи, на двѣ части, на собственно Полярный бассейнъ, большія глубины котораго начинаются за 82°—83° с. ш., и на Сѣверно-Европейское море. Послѣднее лежитъ между вышеуказаннымъ порогомъ и другимъ подобнымъ ему, отдѣляющимъ все это водное пространство на югѣ отъ глубинъ Атлантическаго океана по линіи: Шотландія, черезъ Фарёрскіе о-ва, Исландія, къ Гренландіи. Съ востока Сѣверно-Европейское море граничитъ Норвегіей, а къ сѣверу отъ нея до Шпицбергена (черезъ о-въ Медвѣжій)—окраиною материковой отмели. На западѣ оно примыкаетъ къ Гренландіи.

Полярный бассейнъ и Сѣверно-Европейское море обладаютъ различнымъ вертикальнымъ распредѣленіемъ температуры, обусловленнымъ совершенно особыми причинами.

Полярное море отъ поверхности до глубины около 200 м.—250 м. (109—137 м. с.) покрыто слоемъ воды низкой температуры и малой солености (отъ 29‰ до 32‰ въ верхнемъ слоѣ до 30 м. толщиною и отъ 32‰ до 35‰ въ слоѣ отъ 30 м. до 250 м.), ниже же, до самаго дна, находится слой воды большей солености (около 35,2‰) и болѣе высокой температуры. Два слѣдующіе графика (фиг. 62) показываютъ распредѣленіе температуры, солености и плотности въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ, они построены на основаніи наблюденій, произведенныхъ во время плаванія *Fram*'а подъ руководствомъ Ф. Нансена поперекъ Полярнаго моря отъ Ново-Сибирскихъ о-въ къ Шпицбергену (1893—96 гг.). Одинъ графикъ (станція 19) относится къ области, лежащей въ сѣверу отъ пол-ва Таймыра, а другой (ст. 24) — къ сѣверу отъ архипелага Франца-Іосифа, т.-е. къ двумъ различнымъ частямъ Полярнаго моря.



Фиг. 62. Распредѣленіе температуры, солен. и плотн. на глубинахъ Сѣв. Полярнаго моря.

Разсматривая графики, видно, что температура въ обоихъ случаяхъ, хотя одинъ относится къ серединѣ лѣта, а другой — къ началу зимы, измѣняется съ глубиною одинаково. На поверхности она отрицательная (—1°,5 и—1°,7), съ глубиною она становится еще ниже и на 50 м. (27 м. с.) достигаетъ наименьшей величины (—1°,8 и—1°,9); затѣмъ съ дальнѣйшимъ увеличеніемъ глубины температура быстро повышается, и уже на глубинѣ 200 м. (109 м. с.) она положительная (+0°,6 и+0°,4); начиная отсюда, до глубины въ 800 м. (440 м. с.), температура остается выше нуля, а ниже она переходитъ снова черезъ нуль и медленно убываетъ до самаго дна.

Разсматривая на тѣхъ же графикахъ кривыя распредѣленія соле-

ности и плотности ($S^0/_{00}$ и σ_t), видно, что верхній слой воды въ 200 м. (109 м. с.) низкой температуры отличается и малою соленостью (менѣе $35^0/_{00}$) и малою плотностью. Затѣмъ, начиная съ 200 м. и до наибольшей глубины, послѣднія остаются безъ измѣненія. При этомъ соленость и плотность поверхностнаго слоя увеличиваются съ востока на западъ (ст. 19—$S^0/_{00} = 29{,}9$; ст. 23—$S^0/_{00} = 31{,}66$).

Повидимому, верхній слой воды Полярнаго моря низкой температуры и малой солености происходитъ главнымъ образомъ вслѣдствіе притока прѣсныхъ водъ изъ Сибирскихъ и другихъ рѣкъ, впадающихъ въ это море *), а затѣмъ на поверхности опрѣснению способствуетъ и лѣтнее таяніе снѣговъ на льдахъ.

Слой воды съ температурами выше нуля и большой солености, встрѣчающійся между глубинами 200 — 800 м. (110 — 440 м. с.), есть подводное продолженіе той вѣтви Гольфстрима, которая проходитъ по западную сторону Шпицбергена (см. гл. X). Несмотря на болѣе высокія температуры, плотность этихъ водъ, вслѣдствіе ихъ большой солености, все-таки больше, нежели плотность опрѣсненнаго верхняго слоя (см. графики фиг. 62), почему онѣ и лежатъ ниже его. Однообразіе солености въ глубокихъ слояхъ показываетъ, что Полярное море до самаго дна наполнено водою того же происхожденія, что и промежуточный теплый слой (отъ 200 до 800 м.), т.-е. постепенно охладившимися и потому сдѣлавшимися болѣе плотными водами Гольфстрима. Охлажденіе теплаго промежуточнаго слоя воды (подводнаго теплаго теченія) происходитъ отчасти отъ соприкосновенія его съ вышележащимъ холоднымъ слоемъ воды, а отчасти отъ соприкосновенія его же съ обѣихъ сторонъ (главнымъ образомъ съ лѣвой, т.-е. съ той, куда отъ него лежитъ вся масса воды Сѣв. Пол. м.) съ остальными уже ранѣе охладившимися водами глубинъ Сѣвернаго Полярнаго моря.

Сѣверно-Европейское море имѣетъ нѣсколько иной характеръ распредѣленія температуры съ глубиною. Здѣсь поверхностный слой воды, за исключеніемъ широкой полосы вдоль берега Гренландіи, т.-е. Восточно-Гренландскаго холоднаго теченія, лѣтомъ вездѣ имѣетъ температуры выше 0°, даже поблизости окраины льдовъ, несомыхъ Восточно-Гренландскимъ теченіемъ (см. гл. X). Нерѣдко температуры на поверхности достигаютъ 5°—10° въ восточной части моря, гдѣ проходитъ

*) Подсчетъ количества прѣсной воды, вливающейся въ Полярное море, сдѣланный Нансеномъ, вполнѣ оправдываетъ это предположеніе.

вѣтвь Гольфстрима. Съ глубиною температура сперва быстро убываетъ до 300—400 м. (165 — 220 м. с), а потомъ начинаетъ медленно уменьшаться до дна, гдѣ она бываетъ около—1°,0 или—1°,3. Соленость всей толщи воды, начиная съ небольшихъ глубинъ и до дна, остается весьма постоянною (около 34,90—34,94‰).

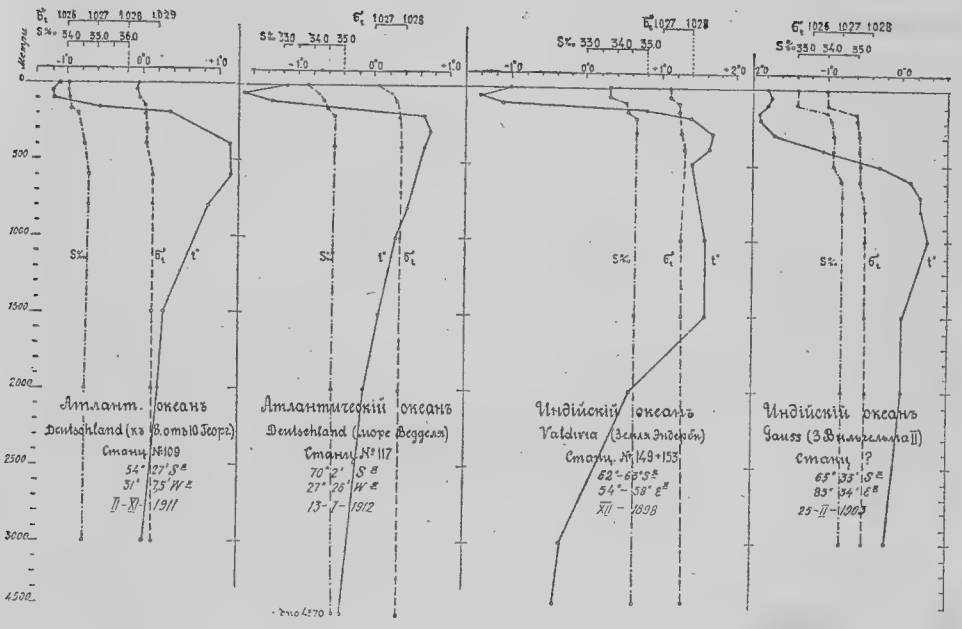
Все это вмѣстѣ заставляетъ предполагать, что такой большой толщины холодный глубоководный слой происходитъ вслѣдствіе охлажденія воды зимою и весною на поверхности лученспусканіемъ, а отчасти онъ есть послѣдствіе образованія льда осенью, при чемъ соленость поверхностной воды всегда нѣсколько увеличивается, и слѣдовательно вода становится тяжелѣе и опускается. Значительная соленость воды на глубинахъ указываетъ, что охлаждается главнымъ образомъ вода, пришедшая изъ Атлантическаго океана (вѣтвь Гольфстрима).

Подъемъ дна, идущій отъ Шпицбергена къ Гренландіи, не позволяетъ холодной водѣ большихъ глубинъ Сѣверно-Европейскаго моря проникнуть въ глубины Полярнаго моря. Другой подъемъ дна, соединяющій Шотландію съ Гренландіей, оказываетъ такое же вліяніе по отношенію къ лежащимъ по его южную сторону большимъ глубинамъ Атлантическаго океана, гдѣ на глубинахъ въ 500—600 м. (275—330 м. с.) температуры около 6°—8°, тогда какъ по его сѣверную сторону на тѣхъ же глубинахъ онѣ ниже 0°.

Южное Полярное пространство трехъ океановъ (Атл., Тих. и Инд.). — Температура на поверхности Южнаго Полярнаго пространства держится въ среднемъ около 0° и ниже, доходя мѣстами и лѣтомъ до —1°,5, даже до—1°,7.

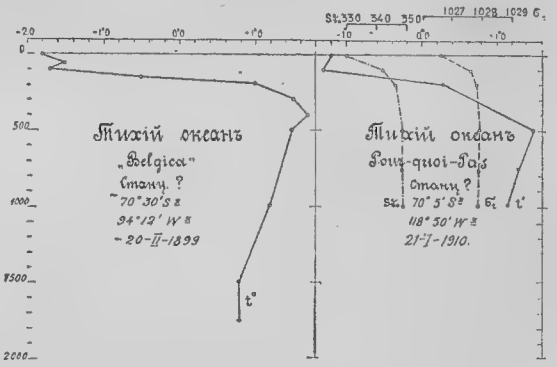
Сейчасъ же подъ поверхностью лежитъ слой воды толщиною до 100, иногда до 200 — 300 м. (55 м. с., 109 — 165 м. с.), гдѣ температура немного ниже, нежели на поверхности, а соленость, а потому и плотность больше (см. фиг. 63); глубже этого слоя температура быстро повышается и становится выше нуля, доходя до +1°,0, а мѣстами почти до +2°,0 на глубинахъ до 400, 500 метровъ (215—270 м. с.). Начиная отсюда, температура постепенно понижается съ увеличеніемъ глубины, оставаясь положительною до глубинъ около 1.500 — 2.000 м. (820 — 1.090 м. с.). Пониженіе температуры продолжается и далѣе до самаго дна, гдѣ на глубинахъ въ 4.000 — 5.000 м. (2.200 — 2.700 м. с.) она около — 0°,4.

Вездѣ повышенію температуры соотвѣтствуетъ и увеличеніе солености



Фиг. 63. Распред. темпер., солен. и плотн. на глубинахъ Южнаго Полярнаго пространства.

и плотности, которыя, начиная отъ глубинъ около 400 м. (220 м. с.), остаются почти безъ измѣненія до дна, какъ это видно на графикахъ (фиг. 63), гдѣ даны примѣры для различныхъ частей Южной полярной области, лежащихъ въ Атлантическомъ, Индійскомъ и Тихомъ океанахъ.



Фиг. 63. Распр. темп., солен. и плотн. на гл. Южн. Пол. пр.

Такимъ образомъ въ общемъ получается и для Южной полярной области такое же вертикальное распредѣленіе температуры, какъ и для Сѣверной. Вверху лежитъ малой толщины холодный слой (около—1°,0) небольшой солености (менѣе 34‰), глубже идетъ большой мощности (около 1.000—1.500 м.) теплый слой воды съ температурами выше нуля, отличающійся и большею соленостью (выше 34,5‰). Ниже же, до самаго дна,

находится холодный слой воды съ температурами немного менѣе нуля (до—0°,4) и большой солености (болѣе 34,5‰).

Происхожденіе средняго слоя теплой воды большой солености объясняется постепеннымъ опусканіемъ водъ, двигающихся изъ болѣе умѣренныхъ широтъ океановъ къ югу. Эти теплыя и соленыя воды оказываются плотнѣе опрѣсненныхъ таяніемъ льдовъ поверхностныхъ слоевъ океановъ въ высокихъ южныхъ широтахъ, поэтому онѣ и лежатъ непосредственно подъ холодными поверхностными водами.

Для полноты и ясности картины ниже приводятся цифровыя таблицы, по которымъ построены графики фиг. 63, а также здѣсь же даны такія же таблицы и для графиковъ фиг. 62, т.-е. для Сѣвернаго Полярнаго моря. Для южн. Полярн. пространства таблицы и графики расположены съ запада на востокъ.

Сѣверное Полярное море.

	Fram (къ сѣв. отъ пол-ва Таймыра). Станц. 19; 17-19-X-1894 г. 81°43′-82°11′ с. ш.; 113°13′-115°40′ в. д.			Fram (къ сѣв. отъ архипел. Фр.-Іосифа). Станц. 23; 25-31-VII-1895 г. 84°28′-84°33′ с. ш.; 73°55′-75°56′ в. д.		
метры.	t°	S‰	σ_t	t°	S‰	σ_t
0	1,55	29,90	1,0239	—1,65	31,66	1,0253
50	—1,78	33,70	270	—1,88	33,71	270
100	—	—	—	—1,78	34,36	276
150	—0,47	34,79	279	—1,15	34,80	277
200	+0,61	35,20	281	+0,43	34,98	280
300	0,79	35,19	281	1,18	35,16	281
400	0,76	35,32	282	0,99	35,14	281
500	0,60	35,28	282	0,73	35,22	281
600	0,33	35,12	281	0,56	35,20	281
700	0,11	35,24	282	0,47	35,20	281
800	0,06	35,26	282	0,12	35,23	281
900	—	—	—	—0,04	35,07	281
1000	—0,25	—	—	—0,33	35,39	283
1100	—	—	—	—0,44	35,41	283
1200	—	—	—	—0,49	35,28	284
1300	—	—	—	—0,59	35,20	282
1400	—	—	—	—0,73	35,24	282
1500	—0,62	35,24	282	—0,76	35,15	282
1600	—	—	—	—0,64	35,23	282
1700	—	—	—	—0,79	35,18	282
2000	—0,86	—	—			
2500	—0,89	35,39	284			
3000	—0,84	35,27	282			

Всѣ опредѣленія S‰ Нансена немного велики, ихъ слѣдуетъ уменьшить на 0,16‰.

Южное Полярное пространство.

Атлантическій океанъ.

Deutschland *)

(къ E отъ о-ва Нов. Георгія).
Станц. 109; 11-XI-1911 г.
54°27′ ю. ш.; 31°7′5 з. д.

метр.	t°	S‰	σ_t
0	—1,09	34,11	1,027.45
50	—1,18	34,09	27.43
100	—1,18	34,10	27.44
150	—0,56	34,27	27.56
200	+0,35	34,41	27.62
300	—	—	—
400	1,13	34,60	27.74
500	—	—	—
600	1,17	34,68	27.80
700	—	—	—
800	0,87	34,69	27.82
900	—	—	—
1000	—	—	—
1500	0,39	34,70	27.84
2000	0,20	34,68	27.85
3000	+0,07	34,67	27.86
4000	—	—	—
4500	—	—	—
5610	—0,36	—	—

Deutschland

(Море Веделя).
Станц. 117; 13-I-1912 г.
70°02′ ю. ш.; 27°26′ з. д.

метр.	t°	S‰	σ_t
	—1,17	33,85	1,027.25
	—1,77	34,33	27.64
	—1,37	34,44	27.73
	—0,40	—	—
	+0,65	34,66	27.81
	0,79	—	—
	0,68	34,68	27.82
	—	—	—
	—	—	—
	—	—	—
	0,42	—	—
	—	—	—
	0,32	34,68	27.84
	+0,09	34,67	—
	0,10	34,67	27.86
	—	—	—
	—	—	—
4570	0,38	34,67	27.86

Индійскій океанъ.

Valdivia **)

(къ сѣв. отъ Зем. Эндерби).
Ст. 149+153; XII-1898 г.
62°—63° ю. ш.; 54°—58° в. д.

метр.	t°	S‰	σ_t
	—1,0	33,79	1,027.25
	—1,4	33,80	27.25
	—1,1	34,28	27.60
	+0,8	34,35	27.56
	1,4	—	—
	1,7	34,56	27.65
	1,6	34,58	27.75
	1,4	—	—
	—	—	—
	—	—	—
	—	—	—
	1,6	—	27.58
	1,6	34,64	27.70
	0,6	—	—
	0,3	—	—
	—	—	—
4610	0,1	34,51	27.69

Gauss ***)

(къ сѣв. отъ З. Вильг-ма II).
Станц. 000; 25-II-1903 г.
65°33′ ю. ш.; 85°31′ в. д.

метр.	t°	S‰	σ_t
	—1,80	33,03	1,026.60
	—1,76	34,15	27.51
	—1,77	34,25	27.59
	—1,87	34,33	27.65
	—1,90	34,35	27.67
	—1,70	34,39	27.70
	—1,05	34,45	27.73
	—0,30	34,49	27.72
	+0,15	34,56	27.76
	0,23	34,62	27.81
	0,26	34,65	27.83
	—	—	—
	0,35	34,65	27.83
	0,00	34,65	27.84
	0,00	34,65	27.84
2820	—0,20	34,65	27.83

Тихій океанъ.

Belgica

(къ зап. отъ о-ва Петра I).
Ст. 000; 20-II-1899 г.
70°30′ ю. ш.; 94°12′ з. д.

метр.	t°	S‰	σ_t
0	—1,8	—	—
50	—1,5	—	
100	—1,7	—	
150	—0,5	—	
200	+1,0		
300	1,5	—	
400	1,7	—	
500	1,5	—	—
600	—	—	
700	—	—	
800	—	—	—
900	—		
1000	1,2	—	
1500	0,8	—	
1750	0,5	—	

Pour-quoi-pas

(къ зап. отъ о-ва Петра I).
Ст. 000; 21-I-1910 г.
70°5′ ю. ш.; 118°50′ з. д.

метр.	t°	S‰	σ_t
	1,2	32,90	1,026.51
	—	—	—
	1,3	34,20	27.58
	—	—	—
	+0,3	34,60	27.79
	—	—	—
	—	—	—
	1,5	34,96	27.98
	—	—	—
750	1,3	34,96	27.79
	—	—	—
	—		—
	—1,15	34,96	28.09

*) Числа для σ_t вычислены вновь по таблицамъ Кнудсена.

**) Въ этой таблицѣ соединены наблюденія двухъ станцій: 149 и 153, близкихъ другъ къ другу.

***) Числа для глубинъ: 50, 100, 150, 200, 300, 400, 700 и 800 метр. интерполированы, а величины σ_t вычислены вновь по таблицамъ Кнудсена.

Образованіе же мощнаго слоя придонныхъ водъ большой солености съ температурою ниже нуля, лежащаго еще ниже, объясняется, какъ и въ Сѣверномъ Полярномъ пространствѣ, постепенною отдачею тепла промежуточнымъ слоемъ воды высокой температуры и солености на его верхней грани, вслѣдствіе соприкосновенія съ холодными поверхностными водами. При этомъ пониженіи температуры происходитъ увеличеніе плотности, и частицы воды постепенно опускаются, образуя холодный придонный слой воды той же солености.

Новѣйшія изслѣдованія, сопровождавшіяся опредѣленіемъ количествъ кислорода, растворенпаго въ водѣ глубинъ, подтверждаютъ вышеизложенный взглядъ на образованіе въ Полярныхъ пространствахъ океановъ холодныхъ придонныхъ водъ и промежуточнаго теплаго слоя, такъ какъ количество кислорода быстро убываетъ до глубинъ около 200 м., а ниже остается почти постояннымъ, слегка увеличиваясь съ глубиною. Это явленіе подтверждаетъ заключеніе, что соленыя воды промежуточнаго и глубиннаго слоевъ давно уже не имѣли соприкосновенія съ атмосферою.

Южныя высокія широты отличаются болѣе низкими температурами какъ на поверхности, такъ и на глубинахъ, нежели соотвѣтственныя сѣверныя, и потому полярный характеръ вертикальнаго распредѣленія температуры придвинутъ тамъ гораздо ближе къ экватору. Особенно это замѣтно въ южномъ Атлантическомъ океанѣ, гдѣ вся область къ югу отъ о-въ Южная Георгія и Буве (о-въ Южная Георгія — 54°5′ ю. ш., 45°35′ з. д.; о-въ Буве—54° 20′ ю. ш., 6°14′ в. д.) имѣетъ уже полярный характеръ. Все это хорошо видно на графикѣ (фиг. 63), гдѣ въ широтѣ всего 54° около о-ва Южн. Георгія (*Deutschl.*—ст. 109) наблюдается такое же вертикальное распредѣленіе температуры, какъ и въ морѣ Ведделя на 16° южнѣе и приблизительно на томъ же меридіанѣ. Точно также если сравнить кривыя температуръ въ южномъ Индійскомъ океанѣ (*Valdivia* ст. 149—153) въ широтѣ 62°—63° ю. съ кривою въ сѣверномъ Атлантическомъ въ широтѣ 58° с. (*Ingolf*—ст. 20; фиг. 55, стр. 141), то не трудно замѣтить, что въ южномъ Индійскомъ океанѣ температура на всѣхъ глубинахъ ниже +2°, а въ сѣв. Атлантическомъ, только на четыре градуса ближе къ экватору, температура на всѣхъ глубинахъ выше +2°.

Общій обзоръ распредѣленія температуры на глубинахъ океановъ и причины, обусловливающія подобный характеръ явленія.— Выше было дано описаніе характера распредѣленія температуры на глубинахъ въ отдѣльныхъ океанахъ и ихъ полярныхъ частяхъ и приведены

были соотвѣтствующіе примѣры для разныхъ широтъ, а также были даны вертикальные разрѣзы вдоль меридіановъ. На основаніи всего имѣющагося въ океанографіи подобнаго матеріала вытекаетъ заключеніе, что температура воды въ открытыхъ океанахъ замѣтно измѣняется только отъ поверхности до глубины около 1.000 м. (550 м. с.), а отъ этой глубины до дна—очень немного. Въ тропикахъ, гдѣ на поверхности температуры около 24°—28°, температура на 1.000 м. уже около 5°—7°, т.-е. на 20° меньше. Отъ 1.000 м. до 2.000 м. температура убываетъ около 1°—2°, а ниже еще медленнѣе—около 0°,5 и менѣе на 1.000 м. Въ умѣренныхъ поясахъ, гдѣ на поверхности воды холоднѣе, нежели въ тропикахъ, убываніе температуры съ глубиною происходитъ еще постепеннѣе, но тоже главнымъ образомъ между поверхностью и глубиною въ 1.000 м., а ниже температуры убываютъ очень медленно. Вообще въ предѣлахъ тропическаго и умѣренныхъ поясовъ океановъ, температуры на глубинѣ около 2.000 м. почти одинаковы вдоль меридіановъ, и уже незамѣтно вліянія широты, такъ ясно выраженнаго въ этихъ поясахъ на поверхности и въ слоѣ до глубины въ 1.000 м.

Въ верхнемъ слоѣ въ 1.000 м. ясно замѣтно, что въ сѣверномъ умѣренномъ поясѣ температуры на соотвѣтствующихъ глубинахъ всегда выше, нежели въ умѣренномъ поясѣ южнаго полушарія. Это обстоятельство есть несомнѣнное послѣдствіе вліянія слѣдующихъ двухъ причинъ: во-первыхъ—рельефа дна, который въ сѣверномъ полушаріи на глубинахъ много меньше 1.000 м. отдѣляетъ сѣверныя части Атлантическаго и Тихаго океановъ отъ Полярнаго моря, чего въ южномъ полушаріи нѣтъ, и гдѣ вслѣдствіе выклиниванія материковъ увеличивается доступъ холодныхъ водъ съ юга. Во-вторыхъ, главнымъ образомъ, вслѣдствіе вообще болѣе низкихъ температуръ на полярной окраинѣ умѣреннаго пояса южнаго полушарія, гдѣ какъ было указано выше (стр. 157), распредѣленіе температуръ на поверхности и на глубинахъ принимаетъ совершенно полярный характеръ *).

Для того, чтобы лучше и легче подмѣтить общій характеръ вертикальнаго распредѣленія температуры въ океанахъ, можно изъ всѣхъ имѣющихся наблюденій на разныхъ глубинахъ вывести для каждаго океана черезъ нѣкоторое число градусовъ по широтѣ и долготѣ и для опредѣленныхъ глубинъ среднія величины температуръ на этихъ глубинахъ; тогда получится для каждой глубины рядъ температуръ, въ которыхъ

*) Въ общемъ это было указано А. И. Воейковымъ еще около 25 л. тому назадъ.

Среднія температуры на глубинахъ.

Глубины въ метрахъ.	Тихій океанъ.			Атлант. океанъ.			Индійскій океанъ.			Глубины въ метрахъ.
	Поясъ отъ 25° с. ш. до 15° с. ш.	Поясъ отъ 10° с. ш. до 7° с. ш.	Поясъ отъ 5° ю. ш. до 25° ю. ш.	Поясъ отъ 40° с. ш. до 20° с. ш.	Поясъ отъ 5° с. ш. до 5° ю. ш.	Поясъ отъ 10° ю. ш. до 25° ю. ш.	Поясъ отъ 15° с. ш. до 10° с. ш.	Поясъ отъ 5° ю. ш. до 10° ю. ш.	Поясъ отъ 20 ю. ш. до 30° ю. ш.	
	Поясъ температуръ:			Поясъ температуръ:			Поясъ температуръ:			
	высокихъ.	низкихъ.	высокихъ.	высокихъ.	низкихъ.	высокихъ.	высокихъ.	низкихъ.	высокихъ.	
0	26,1	26,9	26,3	24,4	26,1	23,9	27,6	27,5	25,2	0
100	24,5	17,0	25,4	21,6	15,9	21,9	24,7	18,6	23,8	100
200	17,9	11,1	21,5	19,9	12,5	16,7	16,8	13,6	19,3	200
400	11,3	8,9	13,1	16,2	7,9	12,0	12,1	9,6	14,1	400
600	7,4	6,9	8,0	13,6	5,3	7,9	11,2	8,1	10,9	600
800	4,8	5,3	6,1	10,5	4,4	5,2	10,4	6,3	8,4	800
1.000	3,9	4,5	4,9	8,0	4,1	4,0	8,7	4,8	5,7	1.000
1.500	2,8	3,3	3,5	5,1	3,9	3,1	6,1	3,5	3,5	1.500
2.000	2,4	2,6	2,5	3,9	3,3	2,8	4,3	2,6	2,6	2.000
3.000	2,1	2,0	2,0	3,0	2,7	2,4	2.8	2,0	1,5	3.000
4.000	1,8	1,9	1,6	2,5	2,2	1,5	—	1,6	1,2	4.000
дно.	1,7	1,7	1,6	2,3	2,1	1,2	1,8	1,4	1,0	дно.

случайныя уклоненія отдѣльныхъ наблюденій (или уклоненія, зависящія, быть-можетъ, отъ какихъ-либо періодическихъ причинъ, еще недостаточно выясненныхъ) стушуются, и главныя особенности вертикальнаго распредѣленія температуры на глубинахъ станутъ болѣе замѣтны.

Подобная работа выполнена для всѣхъ океановъ черезъ каждые 10° или 5° по широтѣ и 10° по долготѣ для глубинъ въ 0, 100, 200, 400, 600, 800, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000, 4.000 метровъ океанографомъ Г. Шоттомъ *). Изъ полученныхъ такимъ способомъ рядовъ распредѣленій температуръ можно въ свою очередь вывести температуры на вышеуказанныхъ глубинахъ для цѣлыхъ поясовъ, лежащихъ между какими-либо параллелями. Таблица на этой страницѣ и представляетъ результатъ подобнаго вычисленія для всѣхъ трехъ океановъ.

Изъ разсмотрѣнія цифръ таблицы видно, что въ Атлантическомъ и Индійскомъ океанахъ до глубинъ въ 1.500 м. (820 м. с.) температуры къ сѣверу и къ югу отъ экваторіальной полосы всегда *выше*, нежели на соотвѣтствующей глубинѣ въ экваторіальной полосѣ; для Тихаго океана

*) Для Атлант. и Индійскаго ок. она основана на 1.156 вертикальныхъ рядахъ наблюденій температуръ на разныхъ глубинахъ, а для Тихаго—на 660 рядахъ.

замѣчается то же самое, но до глубинъ 600—1.000 м. (336—547 м. с.). Только въ поверхностномъ слоѣ во всѣхъ океанахъ наблюдаются болѣе высокія температуры въ экваторіальной области. При этомъ въ Тихомъ океанѣ область, соотвѣтствующая наибольшимъ температурамъ на поверхности и наименьшимъ на глубинахъ (600—1.000—1.500 м.), находится къ сѣверу отъ экватора (10° с. ш.—7° с. ш.); въ Индійскомъ океанѣ—къ югу отъ экватора (5° ю. ш.—10° ю. ш.); а въ Атлантическомъ океанѣ по обѣ стороны экватора (5° с. ш.—5° ю. ш.). Такое расположеніе поясовъ пониженныхъ температуръ на глубинахъ до нѣкоторой степени объясняется распредѣленіемъ надъ океанами по обѣ стороны экватора штилевыхъ полосъ, пассатовъ и муссоновъ, а также и элементовъ океанографическихъ (распредѣленіе суши и воды, очертанія материковъ, температуры на поверхности океановъ и океаническихъ теченій).

Отсюда видно, что указанные выше экваторіальные пояса (см. таблицу) въ сущности и являются настоящими раздѣленіями океановъ отъ поверхности до дна на *сѣверныя* и *южныя* половины, хотя они нѣсколько и не совпадаютъ съ географическимъ экваторомъ, но эти отступленія обусловлены только-что указанными причинами.

Изъ той же таблицы видно еще, что пояса «высокихъ температуръ», расположенные къ сѣверу и къ югу отъ экватора, неодинаковы по своимъ температурамъ, а именно пояса южнаго полушарія имѣютъ въ общемъ болѣе низкія температуры, нежели пояса сѣвернаго. Для Атлантическаго океана это замѣчается уже начиная съ глубины въ 200 м. (100 м. с.), для Индійскаго—съ 600 м. (330 м. с.), а для Тихаго—только съ 3.000 м. (1.640 м. с.). Такимъ образомъ въ среднемъ выводѣ въ этихъ поясахъ замѣчается болѣе сильное охлажденіе водъ на глубинахъ въ южномъ полушаріи сравнительно съ сѣвернымъ.

Если взглянуть на карту годовыхъ изотермъ поверхности океановъ (фиг. 54, стр. 134—135), гдѣ нанесены и изономалы температуры поверхностной воды, то видно, что значительная часть южнаго Атлантическаго океана имѣетъ отрицательныя аномаліи; также и въ Индійскомъ океанѣ, хотя тамъ область отрицательныхъ аномалій менѣе распространяется къ сѣверу, доходя только до 20° ю. ш. (въ Атл. ок.—до экватора). Въ обоихъ океанахъ изономала—4° занимаетъ обширное пространство вдоль параллели 50° ю. ш., тогда какъ въ Тихомъ океанѣ нѣтъ подобнаго переохлажденія водъ на поверхности въ тѣхъ же широтахъ.

Фиг. 64. Распредѣленіе температуры воды на глубинѣ 400 метровъ (равноплощадная проекція Эккерта).

Причиною отмѣченнаго выше вертикальнаго распредѣленія температуръ въ умѣренныхъ и экваторіальныхъ поясахъ океановъ является вертикальный круговоротъ водъ, образующійся въ океанахъ вслѣдствіе ежегоднаго охлажденія водъ въ умѣренныхъ широтахъ осенью и зимою, т.-е. въ тѣхъ широтахъ, гдѣ воды на поверхности обладаютъ большею соленостью и значительно высшею плотностью, нежели около экватора (см. карту плотностей, фиг. 42, стр. 100—101). Въ тѣхъ же широтахъ (около 35°—40°) и годовыя колебанія температуры воды (см. фиг. 53, стр. 130—131) самыя большія, почему тамъ зимою, при значительномъ пониженіи температуры на поверхности, вода становится тяжелѣе ниже лежащихъ слоевъ *) и медленно опускается внизъ; оттого въ этихъ широтахъ, вездѣ на глубинахъ отъ 100 м. (55 м. с.) до 800—1.000 м. (440—550 м. с.) и наблюдаются болѣе высокія температуры (см. таблицу на стр. 160), нежели въ экваторіальномъ поясѣ.

Въ экваторіальныхъ же областяхъ всѣхъ океановъ обратно—температуры на соотвѣтствующихъ глубинахъ ниже, нежели въ поясахъ по обѣ стороны экватора, при чемъ даже на глубинѣ въ 100 м. (55 м. с.) температуры уже значительно ниже, нежели въ поясахъ умѣренныхъ широтъ къ сѣверу и къ югу. То же самое очень хорошо видно на картахъ изотермобатъ, существующихъ для многихъ глубинъ всѣхъ океановъ (100, 200, 400, 600, 800, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000, 4.000); на этихъ картахъ легко прослѣдить до глубины въ 1.000 м., а въ южномъ полушаріи и до 1.500 м. **), существованіе полосъ болѣе теплой воды въ умѣренныхъ широтахъ, разъединенныхъ полосою болѣе холодной воды около экватора. Только-что указанное явленіе особенно ясно выступаетъ на картахъ изотермобатъ 600 и 400 м. Послѣдняя и приведена здѣсь (фиг. 64); на ней хорошо видны эти три полосы температуръ въ Атлантическомъ и Индійскомъ океанахъ по всей ихъ ширинѣ, а въ Тихомъ въ его западной Азіатско-Австралійской части.

Въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. изотермобата 12° занимаетъ (см. карту фиг. 64) всю ширину океана между 20°—40° с. ш.; внутри ея есть изотермобаты 14°, 16° и 18°.

*) Не надо забывать кромѣ того, что испареніе происходитъ всегда и при всякихъ температурахъ, а слѣдовательно и съ поверхности воды въ умѣренныхъ поясахъ въ океанахъ, а такъ какъ воды океановъ соленыя, то испареніе увеличиваетъ ихъ плотность и тѣмъ способствуетъ возникновенію вертикальной циркуляціи.

**) Глубже, на уровнѣ 2.000 м. (1.100 м. с.) подобное горизонтальное распредѣленіе температуръ совершенно исчезаетъ, и, какъ уже было указано выше (стр. 158), температуры во всѣхъ широтахъ одинаковы.

Въ южномъ полушаріи изотермобата 10° охватываетъ поясъ между 15°—35° ю. ш.; внутри ея проходятъ изотермобаты 12° и 14°. Между указанными двумя поясами въ экваторіальной полосѣ находятся изотермобаты 8° и ниже.

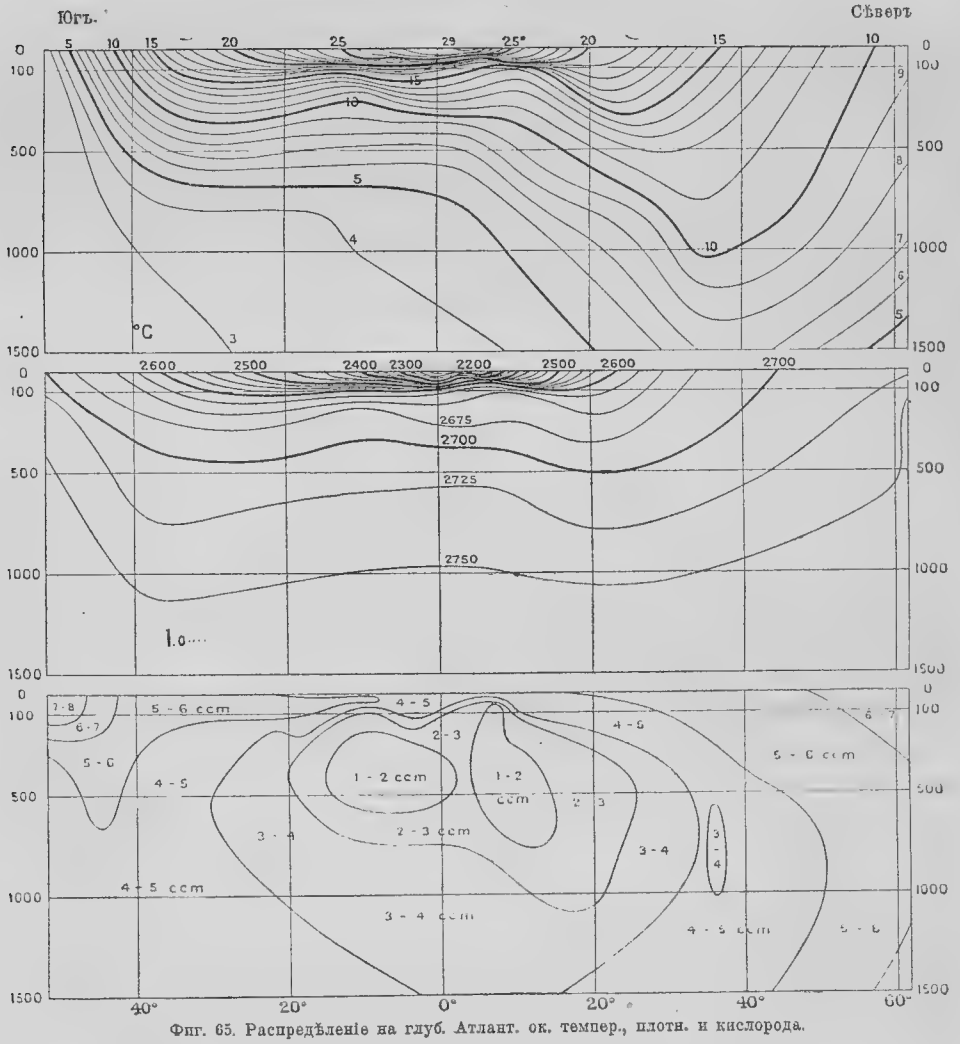
Въ Индійскомъ ок., въ южномъ полушаріи, изотермобата 12° охватываетъ во всю ширину океана поясъ между 12°—35° ю. ш., внутри ея есть изотермобаты 14°; а въ экваторіальной полосѣ, здѣсь соотвѣтствующей, какъ выше было указано, поясу между 5°—10° ю. ш., температуры 10°—11°.

Въ Тихомъ ок., въ сѣверномъ полушаріи, изотермобата 12° охватываетъ значительную область въ западной его части между широтами 35°—20° с. ш.; внутри ея есть изотермобаты 14°. Въ южномъ полушаріи изотермобата 12° обнимаетъ въ западной части океана обширную область между параллелями 5° — 30° ю. ш.; внутри ея есть изотермобаты 14°. Въ экваторіальной же полосѣ, между 5°—15° с. ш., температуры 8°—9°.

Если сравнить эту карту (фиг. 64) съ таблицею среднихъ температуръ (стр. 160), то ясно видно полное ихъ согласіе. Примѣры на фиг. 55, 56 и 57 выбраны именно среди этихъ полосъ температуръ.

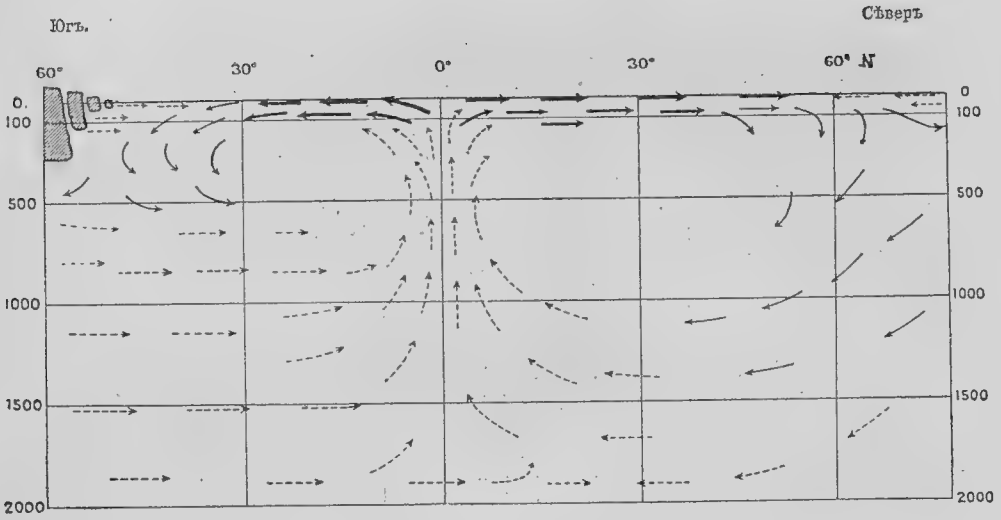
Распредѣленіе на глубинахъ океановъ другихъ океанографическихъ элементовъ: солености, плотности и содержанія кислорода также вполнѣ подтверждаетъ высказанное выше предположеніе о существованіи въ океанахъ вертикальной циркуляціи воды. На слѣдующемъ примѣрѣ для Атлантическаго океана, болѣе изслѣдованнаго, нежели другіе, это хорошо видно (фиг. 65). Въ этомъ примѣрѣ дано вертикальное распредѣленіе отъ 60° с. ш. до 50° ю. ш. вдоль меридіана: температуры, плотности и содержанія кислорода отъ поверхности до 1.500 м. (820 м. с.). На разрѣзахъ хорошо видно опусканіе изотермобатъ въ южномъ полушаріи въ широтахъ между 10° и 30° ю. ш. на глубинахъ до 800 м. и въ сѣверномъ полушаріи между 20° и 50° с. ш., въ послѣднемъ случаѣ опусканіе особенно ясно. Около экватора же замѣтенъ выгибъ изотермобатъ къ поверхности. На разрѣзѣ для плотности видны въ тѣхъ же мѣстахъ изгибы линій равныхъ плотностей (изопикнъ), а на разрѣзѣ распредѣленія кислорода ясно видны по обѣ стороны экватора двѣ области съ малымъ количествомъ кислорода на глубинахъ отъ 200 до 600 м., которыя объясняются не только большимъ развитіемъ жизни на этихъ глубинахъ въ тропическихъ широтахъ, а также и поднятіемъ глубинныхъ водъ, долго не бывшихъ въ соприкосновеніи съ атмосферою и, слѣдовательно, бѣдныхъ кислородомъ.

Для большей наглядности предполагаемое круговое движеніе водъ въ океанахъ изображено на прилагаемомъ меридіанальномъ разрѣзѣ Атлантическаго океана до глубины въ 2.000 м. (1.100 м. с.). На чертежѣ (фиг. 66, см. стр. 166) сплошными стрѣлками показано движеніе относительно теплыхъ водъ, а пунктирными—относительно холодныхъ водъ,



Фиг. 65. Распредѣленіе на глуб. Атлант. ок. темпер., плотн. и кислорода.

толщина стрѣлокъ выражаетъ относительную скорость движенія,—чѣмъ толще, тѣмъ быстрѣе. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ на той же уровенной поверхности плотности разныя (см. фиг. 65, средній графикъ), образуются вертикальныя движенія воды, а именно: опусканія тамъ, гдѣ поверхности равныхъ плотностей опускаются, и поднятія, гдѣ онѣ изгибаются вверхъ. На глубинахъ въ 2.000 м. поверхности равныхъ плотностей идутъ, вѣроятно, параллельно уровеннымъ, и потому тамъ могутъ быть только горизонтальныя движенія водныхъ слоевъ.



Фиг 66. Вертикальный обмѣнъ водъ въ Атлантическомъ океанѣ.

Конечно, скорости этихъ движеній весьма незначительны, какія-нибудь сотыя доли миллиметра въ секунду, почему до сихъ поръ онѣ и не могли быть обнаружены наблюденіями.

Распредѣленіе температуры на глубинахъ морей.— Распредѣленіе температуры на глубинахъ морей какъ окраинныхъ, такъ и внутреннихъ, находится въ зависимости: отъ рельефа дна по линіи соприкосновенія ихъ съ океаномъ, отъ широты и отъ мѣстныхъ причинъ, которыя въ совокупности обусловливаютъ температуру и соленость на поверхности даннаго моря.

Въ окраинныхъ моряхъ ихъ большія глубины не бываютъ вполнѣ отдѣлены отъ такихъ же глубинъ рядомъ лежащаго океана; вслѣдствіе этого вертикальное распредѣленіе температуры въ нихъ близко отъ того, какое существуетъ въ сосѣдней части океана на соотвѣтствующихъ глубинахъ, при чемъ, конечно, мѣстныя условія сказываются и здѣсь.

Примѣрами такихъ морей могутъ служить моря, омывающія берега Россіи въ Тихомъ океанѣ.

Бериново море, расположенное въ довольно высокихъ широтахъ и окруженное сильно охлажденными частями материковъ (особенно сѣв.-вост. Азія), имѣетъ вертикальное распредѣленіе температуры, похожее на типъ, встрѣчающійся въ высокихъ южныхъ широтахъ океановъ, а именно: быстрое убываніе температуры до небольшой глубины, затѣмъ нѣкоторое

повышеніе и далѣе медленное убываніе до дна, гдѣ температура около 1°. Наблюденій въ Беринговомъ морѣ очень мало, и они недостаточно хороши и обстоятельны.

Охотское море также мало изслѣдовано, главный матеріалъ — наблюденія адмирала С. О. Макарова въ 1888 г., изъ которыхъ видно, что вертикальное распредѣленіе температуры похоже на таковое же въ Беринговомъ морѣ, только пониженіе температуры поблизости поверхности еще сильнѣе выражено, потому что вообще это море болѣе холодное, нежели Берингово, вслѣдствіе еще большаго вліянія на него холодной сѣв.-вост. Азіи.

Японское море тоже не имѣетъ большого числа наблюденій; на основаніи существующихъ данныхъ можно предполагать, что сѣверо-западная часть моря на глубинахъ холоднѣе, нежели юго-восточная, въ первой наблюдаются глубинныя температуры около 0° *).

Во внутреннихъ моряхъ большія глубины ихъ всегда отдѣлены подводнымъ порогомъ отъ рядомъ лежащихъ частей океана или другихъ морей, и потому, при условіи, что соленость въ данномъ морѣ на поверхности и на глубинахъ одинакова или мало различается, температура воды въ такихъ моряхъ остается до дна безъ измѣненія, начиная отъ глубины, близко соотвѣтствующей порогу.

Температура глубинныхъ слоевъ будетъ зависѣть отъ зимней температуры воды на поверхности моря (т.-е. отъ широты и мѣстныхъ условій). Въ зависимости отъ этого обстоятельства получается два типа морей.

Типъ первый. — Если зимою поверхностныя воды охлаждаются ниже температуры воды на глубинѣ порога въ рядомъ лежащемъ бассейнѣ (океанѣ или морѣ), то вся глубокая впадина моря, начиная отъ глубины порога (или почти отъ этой глубины) до самаго дна, будетъ заполнена водою температуры равной зимней на поверхности.

Типъ второй.—Если же зимою поверхностныя воды моря обладаютъ болѣе высокими температурами, нежели существующія по другую

*) Повидимому, Японское море, въ поверхностныхъ слояхъ имѣющее всѣ признаки окраиннаго моря, находящагося въ большой зависимости отъ близлежащаго океана, на глубинахъ имѣетъ характеръ внутренняго моря, отдѣленнаго поднятіемъ дна въ проливахъ, соединяющихъ его съ Тихимъ ок. На эту мысль наводятъ наблюдавшіяся придонныя температуры, но для рѣшенія вопроса необходимы болѣе обстоятельныя опредѣленія вертикальныхъ рядовъ температуръ отъ поверхности до самаго дна.

сторону порога и на его глубинѣ въ океанѣ или другомъ бассейнѣ, съ которымъ данное море соединено въ поверхностныхъ слояхъ, то вся впадина моря отъ глубины порога и до дна заполнена водою той температуры, какая встрѣчается по другую сторону порога въ слояхъ океана (или другого моря) на глубинѣ порога.

Особые случаи вертикальнаго распредѣленія температуры.— Въ случаѣ же, если соленость на поверхности и на глубинахъ моря значительно разнится, то и вертикальное распредѣленіе температуры въ немъ будетъ въ зависимости отъ распредѣленія солености.

Примѣрами распредѣленія температуры на глубинахъ внутреннихъ морей могутъ служить моря: Бѣлое, Балтійское, Средиземное, Красное, Черное, Мраморное, Сулу, Целебесъ, Банда и Карибское.

Примѣры морей перваго типа.

Бѣлое море еще мало изучено, однако имѣющійся матеріалъ позволяетъ думать, что это море принадлежитъ къ первому типу. Въ проливѣ, соединяющемъ его съ Сѣвернымъ Полярнымъ моремъ (т. наз. Сѣв. Лед. ок.), носящемъ названіе Горла, глубина около 100 м. (55 м. с.), и здѣсь, вслѣдствіе сильныхъ приливо-отливныхъ теченій, перемѣшивающихъ воду, температуры весьма однообразны отъ поверхности до дна, лѣтомъ (Авг.) около 6°—7°, а зимою ниже—1° и вѣроятно около—1°,8.

Самое море можетъ быть раздѣлено на двѣ области, глубокую — средняя его часть и губы Двинская и Кандалакская и мелководную — Онежскій зал. и прибрежныя воды моря.

Глубоководная часть зимою на поверхности имѣетъ температуры около —1°,0 и —1°,9, при чемъ и вся толща воды до дна имѣетъ ту же температуру около — 1°,5; т.-е. температуру близкую къ точкѣ замерзанія при той солености, какая бываетъ на поверхности моря.

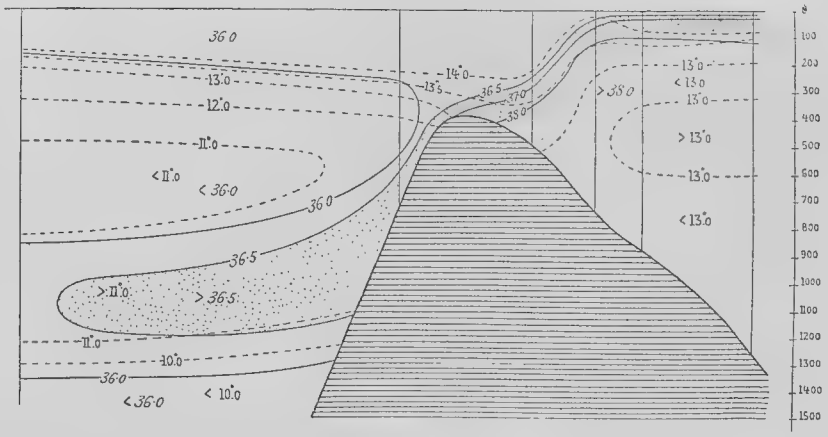
Лѣтомъ тонкій поверхностный слой воды (около 25 м.) сильно нагрѣвается (12°—14°), далѣе же въ глубину уже на 50 м. вода имѣетъ температуры ниже нуля, а начиная отъ 100 м. до дна (260 м.) температура —1°,6, т.-е. зимняя на поверхности.

Въ мелководной части моря зимою отъ поверхности до дна во всей толщѣ воды наблюдаются такія же низкія температуры, какъ и въ глубоководной части моря. Лѣтомъ же здѣсь вода значительно прогрѣвается, и придонный слой имѣетъ около 7°,0.

Средиземное море представляетъ хорошій примѣръ перваго типа (темпер. отъ глуб. порога до дна равна зимней темп. на поверхн.) распредѣленія температуры, если разсматривать глубоководныя температуры въ предѣлахъ 0°,8 и отбросить разности температуръ меньшія указанной величины. Тогда дѣйствительно, начиная съ глубины близкой къ глубинѣ Гибралтарскаго пролива (360 м.=200 м. с.), вся масса воды Средиземнаго моря отъ поверхности до дна обладаетъ температурами, наблюдаемыми зимою (т.-е. самыми низкими зимними темпер.) на поверхности въ разныхъ мѣстахъ моря (между 13°,0—13°,8). Такъ какъ Средиземное море подъемомъ дна, проходящимъ отъ Сициліи къ Африкѣ, раздѣляется на два бассейна, то въ каждомъ изъ нихъ глубинныя температуры немного различаются; въ западной половинѣ на всѣхъ глубинахъ ниже порога въ Гибралтарскомъ проливѣ онѣ немного меньше, нежели въ восточной части моря (напр., на 2.000 м. въ западной части придонныя температуры между 12°,99—13°,18; а въ восточной—между 13°,52—13°,62).

Вслѣдствіе того, что плотность воды въ Атлантическомъ океанѣ меньше, нежели въ Средиземномъ морѣ *), получается разность уровней этихъ бассейновъ, и, какъ результатъ послѣдняго, появляются два теченія: поверхностное—менѣе соленое, изъ океана въ Средиземное море (оно приближается къ Африканскому берегу вслѣдствіе вліянія вращенія земли, т.-е. уклоняется вправо отъ первоначальнаго направленія своего движенія), и подводное—изъ Средиземнаго моря въ океанъ (оно по той же причинѣ проходитъ ближе къ Испаніи). На чертежѣ (фиг. 67) данъ продольный разрѣзъ Гибралтарскаго пролива изъ Атлантическаго океана въ Средиземное море, гдѣ видно, что, начиная съ глубины около 200 м. (109 м. с.), т.-е. нѣсколько меньшей, чѣмъ глубина пролива (360 м. = 200 м. с.), температура на всѣхъ глубинахъ въ Средиземномъ морѣ остается около 13°, а соленость болѣе 38,00‰. По другую сторону пролива, въ океанѣ, въ слоѣ до 200 м. глубины, температура выше 14°, а соленость 36,00‰. Ниже до 400 м. температура уменьшается до 12°, и соленость становится не много менѣе 36,0‰. Такимъ образомъ всегда на одинаковомъ уровнѣ вода

*) Въ Февралѣ (н. с.) въ Атл. ок. на поверхности передъ проливомъ плотность $\sigma_t = 1{,}02689$, а въ Средиз. м. на такомъ же разстояніи къ востоку—1,02722. Въ Іюнѣ (н. с.) въ Атл. ок.—1,02615, а въ Средиз. м.—1,02654, по наблюденіямъ датской океанографической экспедиціи на *Thor*, въ 1908—1910 гг.



Фиг. 67. Разрѣзъ по параллели Гибралтарскаго пролива.

въ Средиземномъ морѣ плотнѣе и тяжелѣе, нежели въ океанѣ. Тяжелая вода Средиземнаго моря (на чертежѣ обозначена точками), пройдя по дну Гибралтарскаго пролива, опускается на большую глубину. Наблюденія послѣднихъ лѣтъ показали, что эта вода распространяется къ сѣверу вдоль материковаго склона Европы (т.-е. поворачиваетъ вправо подъ вліяніемъ уклоняющаго дѣйствія отъ вращенія земли) и замѣчается здѣсь на глубинахъ 1.000—1.500 м. до юго-западныхъ береговъ Ирландіи *).

Красное море находится совершенно въ одинаковыхъ условіяхъ со Средиземнымъ; въ Бабъ-Эль-Мандебскомъ проливѣ подъемомъ дна всего въ 200 м. (109 м. с.) море отдѣлено отъ лежащихъ къ востоку глубинъ Аденскаго залива (отъ 2.000 до 3.000 м. = 1.090—1.640 м. с.). Воды Краснаго моря какъ на поверхности, такъ и на всѣхъ глубинахъ имѣютъ бо́льшую соленость, нежели воды на тѣхъ же глубинахъ въ Аденскомъ заливѣ. Въ самое холодное время года (Мартъ—Апрѣль) въ сѣверной части моря температуры на поверхности доходятъ до 21°,5 при солености 40,40‰ и 40,50‰. Вслѣдствіе испаренія воды на поверхности при довольно высокой температурѣ (21°,5) соленость ея еще повышается до 40,70‰, вода становится весьма тяжелой и опускается на дно, занимая всю глубокую часть котловины моря, начиная съ 700 м. (380 м. с.). Такимъ образомъ отъ этой глубины до дна (2.200 м. = 1.200 м. с.) температура остается постоянною, около 21°,5 (въ предѣлахъ нѣсколь-

*) На вертикальномъ разрѣзѣ распредѣленія солености вдоль восточной части Атлант. ок. (фиг. 44, стр. 103) видна струя соленой воды Средиземн. м. на глубинахъ Атл. ок.

кихъ десятыхъ долей градуса) *). Въ Индійскомъ океанѣ, въ Аденскомъ заливѣ и въ океанѣ вдали отъ залива, но въ тѣхъ же широтахъ, температура на глубинѣ 2.000 м. между 3°—4°.

Для интереса ниже приведены наблюденія: въ Красномъ морѣ, въ наиболѣе южной станціи, съ глубиною болѣе 1.000 м.; въ Аденскомъ заливѣ С. О. Макарова, въ Индійскомъ океанѣ у входа въ Аденскій заливъ.

Красное море.—*Pola.* Ст. 321; 29-X- 1897 г. 15°52′ с. ш.; 41°43′ в. д.				Аденскій зал.—*Витязь.* Ст. 196; 28-II-1889 г. 12°48′ с. ш.; 45°55′ в. д. Въ 55 мил. отъ Адена.				Индійскій ок.—*Valdivia.* Ст. 268; 1-IV-1899 г. 9°6′ с. ш.; 53°41′ в. д. Въ 170 мил. отъ мыса Расъ Гафунъ.			
метры.	t°	σ_t	S‰	метры.	t°	σ_t	S‰	метры.	t°	σ_t	S‰
0	29,3	1,024.3	37,60	0	25,6	1,024.18	36,25	0	27,5	1,023.14	35,62
100	24,3	26.8	39,00	100	24,2	24.48	36,10	100	23,5	24.37	35,73
200	—	—	—	200	15,7	26.16	35,39	200	—	—	—
300	—	—	—	300	—	—	—	300	12,7	26.59	35,15
400	—	—	—	400	12,8	26.97	35,63	400	—	—	—
800	—	—	—	800	11,7	27.27	35,75	800	10,9	—	—
1000	—	—	—					1000	9,2	27.30	35,27
1100	21,5	28.6	40,35					1100	—	—	—
								2000	3,7	28.09	35,36
								5000	1,2	28.30	35,35

Въ Красномъ морѣ уже на глубинѣ въ 100 м., почти при одинаковой температурѣ, плотность (σt) значительно больше, нежели въ Аденскомъ заливѣ и Индійскомъ океанѣ.

Примѣры морей второго типа.

Карибское море отдѣлено отъ Атлантическаго океана и его громадныхъ глубинъ, лежащихъ къ сѣверу отъ Антильскихъ о-въ, подводною возвышенностью, на которой расположенъ архипелагъ Антильскихъ о-въ. Глубина на порогѣ около 1.700 м. (900 м. с.), а по его западную сторону въ Карибскомъ морѣ глубины въ 5.000 и 6.000 м. (2.700—3.300 м. с.). Температура на поверхности моря круглый годъ очень высока (не ниже 27°—28°), а соленость близка къ океанской. Въ океанѣ, на глубинѣ порога, температура воды равна 4°,2; поэтому океанская вода при температурѣ 4°,2 является наиболѣе плотною на соотвѣтственной глубинѣ и занимаетъ всю глубокую котловину моря, гдѣ температура остается отъ 1.700 м. до дна равною 4°,2.

*) На самомъ дѣлѣ, такъ же, какъ и въ Средиз. м. и др. моряхъ, температура съ глубиною должна нѣсколько увеличиваться, вслѣдствіе увеличенія давленія, но для обнаруженія этого увеличенія температуры наблюденія ея должны были бы вестись съ точностью до 0°,02—0°,03, а не ± 0°,2—0°,3, какъ они могли быть произведены экспедиціей на *Pola* въ 1895—96 гг.

Совершенно такіе же примѣры существуютъ въ моряхъ Тихаго океана въ Зондскомъ архипелагѣ и въ Южно-Китайскомъ.

Въ морѣ *Сулу*, лежащемъ между архипелагомъ того же имени и о-мъ Целебесъ и окруженномъ со всѣхъ сторонъ подводнымъ порогомъ глубиною въ 730 м. (400 м. с.), температура понижается отъ 28° до 10°,2 на глубинѣ порога, а далѣе, до самаго дна (4.660 м. = 2.550 м. с.), остается безъ измѣненія. Это температура воды въ океанѣ на глубинѣ порога.

Въ морѣ *Целебесъ* наблюдается точно такое же явленіе. Море отдѣлено отъ Тихаго океана подводнымъ порогомъ глубиною около 1.500 м. (820 м. с.), и температура отъ 29° на поверхности понижается до 3°,7 на глубинѣ порога и отсюда до дна (5.000 м. = 2.734 м. с.) остается постоянною.

Въ морѣ *Банда*, глубочайшемъ изъ Австралійско-азіатскихъ морей, большія глубины отдѣлены отъ рядомъ лежащихъ глубинъ Тихаго океана подводнымъ порогомъ въ 1.600 м. (875 м. с.). Этотъ порогъ и не допускаетъ въ котловину моря воду съ большихъ глубинъ океана; поэтому, начиная съ 1.600 м. до дна (5.690 м. = 3.110 м. с.) вся глубокая впадина моря заполнена водою температуры 3°,2, т.-е. такою, какая встрѣчается въ этомъ мѣстѣ въ океанѣ на глубинѣ порога.

Моря: Балтійское, Черное и Мраморное являются примѣрами морей, хотя и внутреннихъ, но, вслѣдствіе неправильнаго вертикальнаго распредѣленія солености, имѣющихъ совершенно своеобразное вертикальное распредѣленіе температуры, и потому они не подходятъ ни къ первому, ни ко второму типу, а относятся къ особымъ случаямъ.

Балтійское море въ Бельтахъ и Зундѣ отдѣлено малыми глубинами отъ Скагеррака и Каттегата, соединяющихъ его съ Нѣмецкимъ моремъ, но съ океанографической точки зрѣнія можно принять, что котловина собственно Балтійскаго моря начинается на востокъ и на югъ отъ линіи малыхъ глубинъ, соединяющей Скандинавію (въ Зундѣ) съ датскими о-ми Зеландіей, Менъ, Фальстеръ и о-мъ Рюгеномъ у берега Мекленбурга. Море имѣетъ нѣсколько глубокихъ впадинъ, изъ нихъ главная расположена между о-мъ Готландомъ и русскимъ берегомъ (болѣе 200 м.), и нѣсколько менѣе обширныхъ въ другихъ мѣстахъ, а также въ Ботническомъ и Финскомъ заливахъ.

Вслѣдствіе громаднаго количества прѣсной воды, вливающейся рѣками въ море, а съ другой стороны, вслѣдствіе проникновенія болѣе соленыхъ и плотныхъ водъ изъ Нѣмецкаго м. (см. стр. 107) въ Балт. м.,

образуются два слоя воды, придонный—тяжелый и поверхностный распрѣсненный и легкій, раздѣленные переходнымъ промежуточнымъ слоемъ.

Въ поверхностномъ слоѣ (около 50—60 м. толщиною) годовыя колебанія температуры проникаютъ до его нижней границы, при чемъ они значительно запаздываютъ на глубинахъ.

Слѣдующія наблюденія къ юго-востоку отъ о-ва Борнгольма показываютъ характеръ запаздыванія годовыхъ колебаній съ глубиною.

Метры	Февраль	Май	Августъ	Ноябрь
0	2°,5	4°,7	16°,7	8°,8
20	2°,7	4°,4	15°,4	8°,8
40	2°,6	3°,6	4°,8	8°,9
50	3°,9	3°,2	3°,9	6°,8
дно 60	5°,9	4°,1	4°,3	6°,0

Въ тяжелой водѣ придоннаго слоя температура и ея колебаніе зависятъ главнымъ образомъ отъ прилива новыхъ массъ соленой воды изъ Каттегата, что̀ бываетъ (см. стр. 107) временами, а не непрерывно. Годовыя амплитуды въ придонномъ слоѣ замѣтны, но онѣ гораздо меньше, нежели въ верхнихъ слояхъ (къ вост. отъ Готланда около 2°,5, отъ 5°,8 до 3°,3; въ глубокихъ впадинахъ Ботническаго зал. около 1°,5).

Вслѣдствіе существованія въ морѣ двухъ слоевъ весьма различной плотности, конвекціонныя движенія воды, обусловливаемыя годовымъ колебаніемъ температуры на поверхности, захватываютъ только поверхностный слой, и потому лѣтомъ случается, что наиболѣе низкія температуры встрѣчаются на промежуточныхъ глубинахъ, именно на границѣ между поверхностнымъ легкимъ слоемъ воды и промежуточнымъ болѣе тяжелымъ. Примѣромъ можетъ служить слѣдующій типичный рядъ температуръ, взятый къ востоку отъ о-ва Готланда 3-го августа 1907 г.

Глубины (метры)	0	20	30	40	65	100	210
Температуры	13,8	13,22	8,21	3,68	**2,34**	4,15	4,74
Соленость ($S^0/_0$)	6,98	7,00	7,09	—	7,43	10,23	11,89
Плотность (σ_t)	1,024.72	4.83	5.46	—	5.99	8.18	9.47

Отсюда слѣдуетъ, что хотя Балтійское море и отдѣлено отъ Нѣмецкаго рядомъ подводныхъ пороговъ и слѣдовательно имѣетъ всѣ внѣшніе признаки внутренняго моря, однако вертикальное распредѣленіе температуры въ немъ не подходитъ къ вышеуказаннымъ двумъ типамъ (см. стр. 167). Оно своеобразно вслѣдствіе преобладанія мѣстныхъ условій,

выражающихся въ питаніи время отъ времени глубокихъ слоевъ моря водою, проникающею изъ Каттегата черезъ промежуточный бассейнъ между Датскими о-ми, Ютландіей и о-мъ Рюгенъ въ глубины Балтійскаго моря; надо замѣтить, что въ Каттегатѣ весь слой воды до дна совершенно измѣняетъ свои температуры отъ зимы къ лѣту и обратно (приблизительно отъ 2° до 14°).

Черное море обладаетъ условіями вертикальнаго распредѣленія температуры, напоминающими описанныя выше въ Балтійскомъ морѣ, потому что поверхностный слой въ Черномъ морѣ отличается малою соленостью, а слѣдовательно и малою плотностью. Глубинныя же воды, подобно тому какъ въ Балтійскомъ морѣ онѣ приходятъ изъ Нѣмецкаго моря, въ Черномъ притекаютъ изъ Мраморнаго моря и обладаютъ гораздо большею соленостью, нежели собственныя воды Чернаго моря на поверхности.

Послѣдствіемъ такого расположенія слоевъ воды различной плотности оказывается существованіе въ верхнемъ слоѣ, толщиною отъ 45 до 90 м. (25—50 м. с.), конвекціонныхъ движеній обусловленныхъ охлажденіемъ воды зимою на поверхности и производящихъ увеличеніе ея плотности и опусканіе до глубины, гдѣ она встрѣчаетъ болѣе соленую и болѣе плотную воду пришедшую изъ Мраморнаго моря. Несмотря на то, что глубинная вода на нѣсколько градусовъ теплѣе, нежели бываетъ зимою вода на поверхности Чернаго моря, она все-таки значительно тяжелѣе ея вслѣдствіе своей большой солености (въ Черномъ м. на поверхности S‰ отъ 15‰ до 19‰, на глубинахъ 45 м. отъ 18‰ до 19‰, а на глубинахъ въ 90 м. уже отъ 19,0‰ до 21,1‰).

Такимъ образомъ въ верхнемъ слоѣ отъ 45 до 90 м. (25—50 м. с.) толщиною, лѣтомъ температуры отъ 14°—26° на поверхности убываютъ до 7° въ западной части моря и до 6° въ восточной. Ниже же глубины въ 45—90 м. температура начинаетъ повышаться и доходитъ на 200 м. (около 100 м. с.) до 8°,7; постепенно увеличиваясь съ глубиною, она достигаетъ въ придонномъ слоѣ 9°,0—9°,3.

Такъ какъ тяжелые и теплые глубинные слои притекаютъ въ море чрезъ Босфоръ подводнымъ теченіемъ, то, очевидно, въ западной части Чернаго моря эти теплыя воды будутъ лежать ближе къ поверхности, нежели въ восточной, и потому и холодный слой воды, находящійся лѣтомъ на глубинахъ 45—90 м., въ западной части моря тоньше, нежели въ восточной. Все это видно въ таблицѣ стр. 175.

Черное море.

Черноморецъ.
Ст. 48; 21-VII-1890
42°32′ с. ш.; 30°50′ в. д.
Въ зап. части на мерид. Босфора.

морск. саж.	метр.	t°	S‰	σ_t
0	0	24,3	17,2	1,0102
5	9	22,9	17,3	07
10	18	16,1	17,9	27
15	27	10,7	18,1	37
20	37	8,6	—	—
25	46	7,5	18,5	41
30	55	7,0	—	—
35	64	6,9	—	—
40	73	7,0	—	—
45	82	7,3	—	—
50	91	7,9	19,8	54
60	100	8,4	—	—
65	119	8,4	—	—
70	128	8,5	—	—
100	180	8,7	21,5	66
200	366	8,9	22,1	71
—	—	—	—	—
1100	2112	9,2	22,5	74

Донецъ.
Ст. 39; 28-V-1891
43°56′ с. ш.; 33°34′ в. д.
Къ югу отъ Севастополя.

морск. саж.	метр.	t°	S‰	σ_t
		15,3	18,1	1,0130
		14,3	18,2	33
		13,2	18,2	35
		10,0	18,3	41
		7,6	—	—
		6,9	18,2	43
		6,6	—	—
		6,4	—	—
		—	—	—
		6,9	—	—
		8,0	19,8	54
		—	—	—
		—	—	—
		—	—	—
		8,8	21,2	64
		9,0	21,9	69
400	732	9,0	22,3	72
1000	1829	9,2	—	—

Донецъ.
Ст. 40; 28-V-1896
44° 12′ с. ш.; 33° 31′ в. д.
Къ югу отъ Севастополя, ближе къ берегу, чѣмъ 39.

морск. саж.	метр.	t°	S‰	σ_t
		14,4	17,9	1,0130
		14,3	18,1	32
		12,5	18,1	35
		11,0	18,3	39
		9,6	—	—
		7,9	18,2	42
		7,6	—	—
		6,9	—	—
		6,6	—	—
		6,3	—	—
		6,5	18,5	45
		—	—	—
		6,8	—	—
		—	—	—
		8,9	21,2	64
		9,0	21,9	69

Запорожецъ.
Ст. 106; 18-VIII-1891
43°36′ с. ш.; 36°58′ в. д.
Мерид. Керченскаго пр., середина моря.

морск. саж.	метр.	t°	S‰	σ_t
		22,9	18,5	1,0115
		19,0	18,3	24
		10,3	18,3	40
		7,8	18,5	44
		6,7	—	—
		6,1	18,7	48
		6,1	—	—
		6,4	—	—
		—	—	—
		8,1	—	—
		8,2	20,4	59
		—	—	—
		—	—	—
		—	—	—
		8,8	21,4	65
		9,0	22,3	72
600	1097	8,9	—	—
1150	2103	8,9	22,5	71

Азовское море.

Казбекъ.
Ст. 7; 30-VI-1891
46°14′ с. ш.; 37°20′ в. д.
По срединѣ моря, ближе къ вост. берегу.

морск. саж.	метр.	t°	S‰	σ_t
0	0	24,2	11,0	1,0056
6	11	24,1	11,0	56
12	22	24,1	11,1	57
21	38	24,0	—	—
24	44	23,7	11,1	58
29	53	23,2	11,0	58
дно				

Мало соленыя и менѣе плотныя воды Чернаго моря уходятъ на югъ поверхностнымъ теченіемъ черезъ Босфоръ *).

Расположенное за Чернымъ моремъ *Азовское* море, вслѣдствіе своего мелководья, прогрѣвается лѣтомъ до самаго дна, чему способствуетъ и перемѣшиваніе слоевъ волненіемъ.

Выше приведены примѣры наблюденныхъ въ Черномъ и Азовскомъ моряхъ на различныхъ глубинахъ: температуръ, плотности и солености **) (стр. 175).

Мраморное море получаетъ нижнимъ теченіемъ черезъ Дарданеллы соленую и теплую воду изъ Эгейскаго моря (около 17°—18° при 8‰ отъ 34 до 39). Эта тяжелая вода и занимаетъ глубокую впадину моря, поверхностные же слои обусловлены смѣшеніемъ мало соленыхъ водъ, пришедшихъ изъ Чернаго моря верхнимъ Босфорскимъ теченіемъ, и болѣе соленыхъ водъ—изъ Эгейскаго моря. Поэтому охлажденныя зимою поверхностныя воды все-таки остаются въ верхнихъ слояхъ, такъ какъ хотя и болѣе теплыя, но значительно болѣе соленыя, а слѣдовательно и болѣе плотныя воды глубинъ не позволяютъ конвекціоннымъ токамъ проникать глубоко.

Въ верхнемъ слоѣ, около 100 м., температуры значительно измѣняются въ теченіе года (на поверхности отъ 25° лѣтомъ до 11°—12° весною, для зимы свѣдѣній нѣтъ); начиная же отъ глубины въ 100 м. и до дна (1.400 м.=765 м. с.) температура весьма мало мѣняется, оставаясь равною приблизительно 14°,5 (14°,9—14°,1) при солености 38,5‰.

Каспійское море изучено еще очень недостаточно, но на основаніи имѣющихся данныхъ можно думать, что, начиная съ глубины около 300 м. (165 м. с.), температура до дна остается почти постоянною, измѣняясь только въ десятыхъ доляхъ градуса. Въ сѣверной котловинѣ моря глубинныя температуры около 5°,2; въ южной котловинѣ моря онѣ нѣсколько выше, около 6°.

Такимъ образомъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда какая-либо часть Мірового океана оказывается на глубинахъ отдѣленною отъ него, какъ, напримѣръ, въ случаѣ внутреннихъ морей, температуры глубинныхъ

*) Обстоятельное изслѣдованіе теченій въ Босфорѣ было произведено флигель-адъютантомъ, кап. 1 р. С. О. Макаровымъ въ 1881—1882 гг. „Объ обмѣнѣ водъ Чернаго и Средиземнаго морей“, прилож. къ LI т. Зап. Имп. Акад. Наукъ, 1885 г.

**) Заимствованы изъ труда „Матеріалы по гидрологіи Чернаго и Азовскаго морей, собранные въ экспедиціяхъ 1890 и 1891 гг.“. І. Б. Шпиндлера и барона Ф. Ф. Врангель, Зап. по Гидрографіи, т. XX. Приложеніе. СПБ. 1899 г.

слоевъ въ нихъ всегда значительно отличаются отъ температуръ воды въ Міровомъ океанѣ въ тѣхъ же широтахъ и на тѣхъ же глубинахъ. Указываемое обстоятельство еще разъ косвенно подтверждаетъ, что низкія температуры, встрѣчаемыя на большихъ глубинахъ въ открытомъ океанѣ въ тропическихъ широтахъ, потому только и могли тамъ появиться, что на этихъ глубинахъ существуетъ постоянный притокъ водъ изъ болѣе высокихъ широтъ, гдѣ онѣ охлаждаются на поверхности и затѣмъ опускаются и на нѣкоторой глубинѣ медленно двигаются къ экваторіальной полосѣ.

II.—Замерзаніе прѣсной и морской воды.—Явленіе замерзанія проходитъ въ прѣсной и въ морской водѣ совершенно иначе, вслѣдствіе коренного различія въ составѣ этихъ двухъ тѣлъ. Прѣсная вода, не будучи химически чистою водою (дистиллированною), содержитъ въ себѣ тѣмъ не менѣе такое незначительное количество веществъ, что ея физическія и химическія свойства почти не отличаются отъ таковыхъ для дистиллированной воды. Между тѣмъ вода океановъ, какъ выше было указано въ главѣ о солености, имѣетъ въ растворѣ большое количество веществъ, весьма значительно измѣняющихъ ея физическія и химическія свойства.

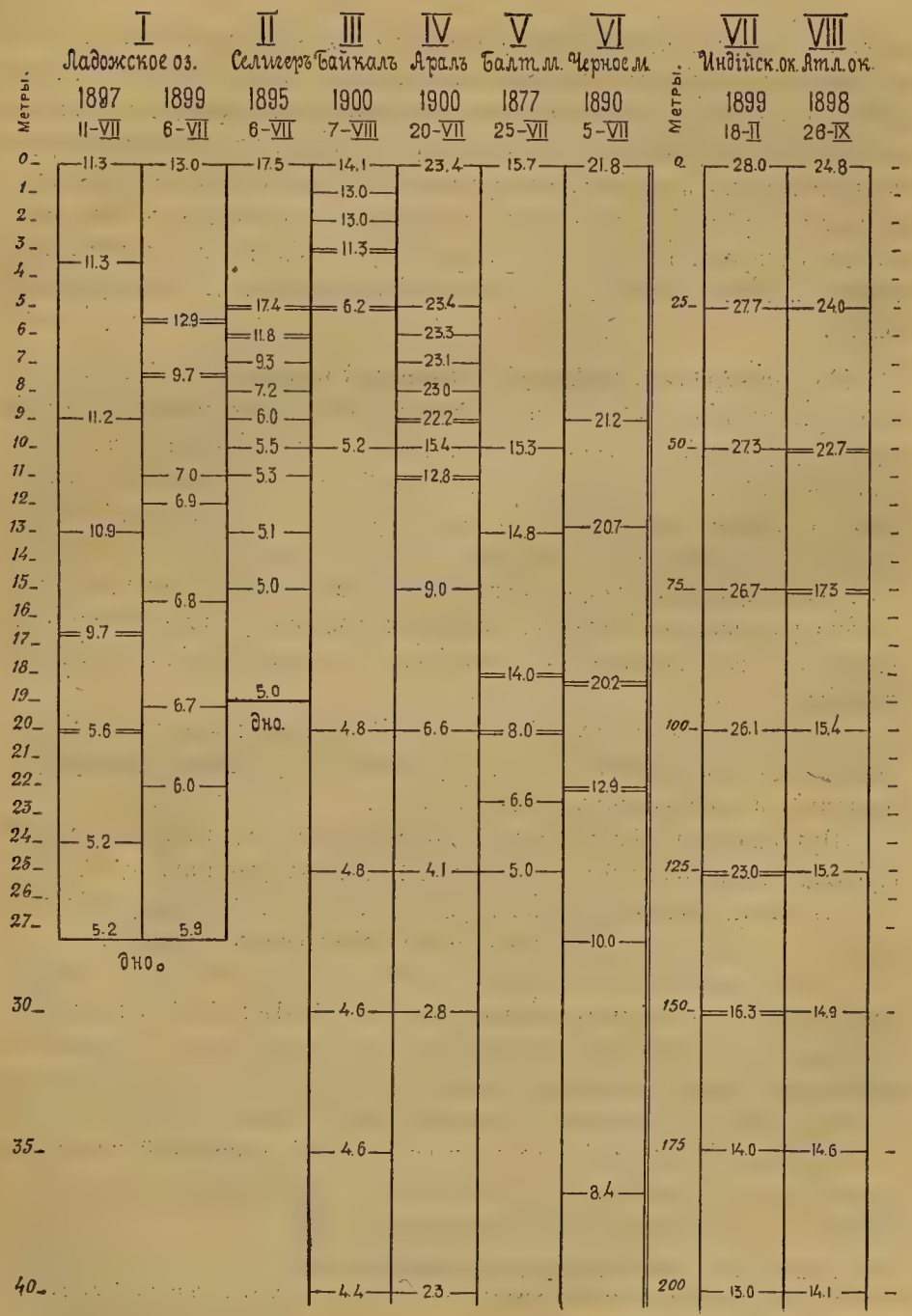
По отношенію къ явленію замерзанія главными физическими свойствами воды, какъ прѣсной, такъ и океанической, являются температуры замерзанія и наибольшихъ плотностей.

Прѣсная вода, такъ же, какъ и дистиллированная, замерзаетъ при 0° и достигаетъ наибольшей плотности при 4° (дистилл. вода при 3°,98).

Въ зависимости отъ этихъ двухъ свойствъ явленіе замерзанія протекаетъ въ бассейнѣ съ прѣсною водою слѣдующимъ образомъ.

Въ прѣсноводномъ бассейнѣ (озерѣ) съ наступленіемъ осени, поверхностный слой воды съ каждымъ днемъ все болѣе и болѣе охлаждается во-первыхъ—потерею тепла лученспусканіемъ; во вторыхъ—соприкосновеніемъ съ быстрѣе охлаждающимся нижнимъ слоемъ воздуха. Послѣдствіемъ охлажденія является увеличеніе плотности поверхностнаго слоя и слѣдовательно опусканіе его до глубины слоя одинаковой плотности. Такимъ образомъ начинается вертикальная циркуляція, называемая конвекціоннымъ движеніемъ или просто конвекціей.

Конвекціонное движеніе встрѣчается ежедневно лѣтомъ въ бассейнахъ умѣренныхъ широтъ и круглый годъ въ тропическихъ; оно вызывается ночнымъ охлажденіемъ поверхностнаго слоя. Конечно, въ теченіе сутокъ толща слоевъ, захватываемыхъ конвекціоннымъ



Фиг. 68. Слой температурнаго скачка.

движеніемъ, гораздо меньше, и потому конвекція проникаетъ менѣе глубоко, нежели это случается при охлажденіи озера осенью, когда захватывается нерѣдко весь слой воды до дна. Лѣтомъ, въ теченіе ночи, охлажденіе поверхностнаго слоя не можетъ быть очень значительно, а затѣмъ днемъ снова происходитъ нагрѣваніе поверхности; осенью же охлажденіе поверхностнаго слоя идетъ съ каждымъ днемъ все увеличиваясь.

Охладившійся, а слѣдовательно сдѣлавшійся болѣе плотнымъ и тяжелымъ поверхностный слой опускается до той глубины, гдѣ онъ встрѣчаетъ слой одинаковой плотности (т.-е. одинаковой температуры для прѣсныхъ бассейновъ). Конвекціонное движеніе, продолжаясь всю ночь, перемѣшиваетъ слои воды, лежащіе выше наиболѣе низко опустившагося слоя; этимъ обусловливается въ нихъ болѣе равномѣрное распредѣленіе температуры. На нижней границѣ этихъ слоевъ будетъ расположенъ рядъ другихъ, тонкихъ слоевъ съ быстро увеличивающейся вверхъ температурою, а ниже будутъ лежать слои болѣе низкой температуры, медленно убывающей ко дну.

Вотъ эта-то сумма слоевъ съ быстро измѣняющейся въ нихъ температурою и называется *слоемъ температурнаго скачка*.

То же самое явленіе наблюдается и въ моряхъ и въ открытыхъ океанахъ, въ ихъ тропическихъ частяхъ. Въ океанахъ и моряхъ, гдѣ вода соленая, кромѣ охлажденія поверхности ночью, имѣетъ еще значеніе ночное испареніе съ поверхностнаго слоя, увеличивающее его соленость, а слѣдовательно и плотность, а также и волненіе. Поэтому въ моряхъ и въ океанахъ слой скачка лежитъ болѣе глубоко, нежели въ прѣсныхъ озерахъ, обычно около 50—150 м. (27—82 м. с.), и онъ выраженъ менѣе рѣзко. Въ моряхъ съ однообразною соленостью въ верхнихъ слояхъ слой скачка лежитъ глубже; а въ моряхъ съ увеличивающеюся съ глубиною соленостью слой скачка лежитъ ближе къ поверхности, потому что охладившійся ночью слой, опускаясь, встрѣчаетъ уже на малой глубинѣ слои одинаковой съ нимъ плотности.

Очевидно, глубина слоя скачка въ прѣсныхъ водахъ будетъ зависѣть отъ колебанія температуры на поверхности, волненія, прозрачности и метеорологическихъ условій. Въ томъ же мѣстѣ онъ можетъ быть въ разные дни и часы дня на разныхъ разстояніяхъ отъ поверхности. Въ соленыхъ бассейнахъ будутъ еще вліять: степень солености и ея вертикальное распредѣленіе. Всѣ указываемыя особенности видны на графикѣ (фиг. 68, стр. 178), гдѣ приведены примѣры расположенія слоя скачка лѣтомъ въ разныхъ озерахъ Россіи, въ мало соленомъ озерѣ Аралъ (10,9‰), въ слабо соленыхъ моряхъ Балтійскомъ и Черномъ и въ океанахъ Индійскомъ и Атлантическомъ.

На каждомъ графикѣ слой скачка выдѣленъ двойными черточками глубинъ, между которыми онъ лежитъ.

Напримѣръ, для Ладожскаго озера видно, что въ томъ же самомъ мѣстѣ озера въ разные годы (и, конечно, и въ разные дни того же года и разные часы дня) слой скачка можетъ лежать на разныхъ глубинахъ. На оз. Селигерѣ и на Байкалѣ слой скачка очень близко къ поверхности (5 — 6 и 3 — 5 м.). Аралъ — слабо соленое озеро, мѣсто, къ которому относится взятый примѣръ, лежитъ въ западной, глубокой части моря, гдѣ соленость съ глубиною быстро увеличивается, и гдѣ потому опускающійся охлажденный слой встрѣчаетъ слой той же плотности близко къ поверхности, оттого и слой скачка тутъ лежитъ не глубоко (9—11 м.). Балтійское море имѣетъ вверху слой воды однообразной солености, и потому въ этомъ слоѣ конвекціонные токи протекаютъ такъ же, какъ и въ прѣсномъ бассейнѣ; слой скачка здѣсь очень ясно выраженъ убываніемъ температуры на 6° (отъ 18 до 20 м.). Въ Черномъ морѣ условія распредѣленія солености въ верхнемъ слоѣ одинаковы съ Балтійскимъ; слой скачка во взятомъ примѣрѣ выраженъ убываніемъ температуры почти на 8° (18—22 м.).

Въ океанахъ, въ тропической полосѣ, слой скачка лежитъ гораздо глубже, что и видно на примѣрахъ,—въ Индійскомъ океанѣ между 125 — 150 м., а въ Атлантическомъ—между 50—75 м.

Фиг. 68.—Слой температурнаго скачка. I—наблюденія Ю. М. Шокальскаго; II—наблюденія Д. Н. Анучина; III—наблюденія у ст. Голоустная въ южной части Байкала (изъ Физ.-геогр. очерка Байкала А. В. Вознесенскаго); IV—наблюденія Л. С. Берга въ западной, наиболѣе глубокой части Арала (около 60 м.); V—наблюденія Экмана, къ востоку отъ Борнгольма (55° 23′ с. ш., 16° 2′ в. д.); VI—наблюденія І. Б. Шпиндлера (ст. 20, по срединѣ Чернаго моря между Крымомъ и Анатоліей); VII—наблюденія эксп. на *Valdivia* (ст. 218, Индійскій океанъ между Коломбо и о-мп Чагосъ, 2° 30′ с. ш.—76° 47′ в. д.); VIII—наблюденія эксп. на *Valdivia* (ст. 63, Атл. ок., Гвинейскій зал., 2° 0′ с. ш.—8° 4′ з. д.).

Осенью, вслѣдствіе увеличенія охлажденія озера на поверхности, конвекція захватываетъ съ каждымъ днемъ все болѣе и болѣе глубокіе слои, постепенно понижая температуру всего слоя, охваченнаго ею, пока вся толща воды озера не охладится до температуры, близкой къ 4°, т.-е. соотвѣтствующей ея наибольшей плотности. Съ приближеніемъ къ этому времени конвекціонное движеніе ослабѣваетъ, и поверхностный слой начинаетъ охлаждаться ниже 4°, т.-е. становится легче лежащихъ подъ нимъ слоевъ, и съ этого момента его охлажденіе идетъ очень быстро, такъ какъ охлаждается только тотъ же самый слой. Едва температура поверхностнаго слоя опустится ниже 0° на 0°,01—начинается его замерзаніе. Такимъ образомъ въ прѣсноводномъ бассейнѣ, послѣ того какъ поверхностный слой охладился ниже 4°, т.-е. до температуры наибольшей плотности, наступаетъ скоро замерзаніе, потому что дальнѣйшее охлажденіе поверхностнаго слоя дѣлаетъ его все легче и легче ниже лежащихъ, такъ какъ температура замерзанія лежитъ ниже температуры наибольшей плотности.

Прежде, нежели перейти къ описанію замерзанія бассейновъ съ соленою водою, необходимо указать, что при замерзаніи морской воды только часть нѣкоторыхъ солей, находящихся въ ней въ растворѣ, переходитъ въ ледъ, изъ нея образовавшійся; другая же часть солей при этомъ переходитъ въ растворъ, увеличивая собою соленость, а слѣдовательно и плотность поверхностной воды. Уже одно это обстоятельство вноситъ въ процессъ замерзанія морской воды большое усложненіе сравнительно съ замерзаніемъ прѣсной воды. Очевидно, увеличеніе солености поверхностнаго слоя способствуетъ поддержанію и усиленію конвекціонныхъ движеній и тѣмъ самымъ задерживаетъ замерзаніе. Это есть *первая* причина.

Второю причиною, замедляющею замерзаніе морской воды, является ея соленость, вслѣдствіе чего температура замерзанія всегда ниже 0°, и

чѣмъ соленость больше, тѣмъ она ниже, какъ это видно изъ слѣдующей таблицы.

Зависимость температуръ: замерзанія и наибольшей плотности отъ солености.

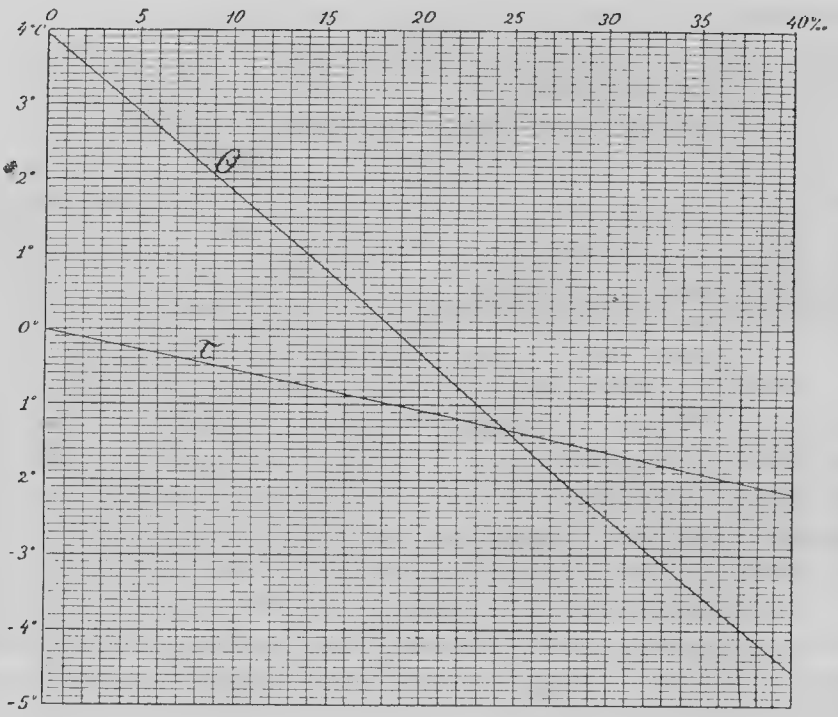
Соленость S‰	0	5	10	15	20	24,695	25	30	35	40
Темпер. замерзанія—τ° .	0°	—0°,3	—0°,5	—0°,8	—1°,1	—1°,332	—1°,35	—1°,6	—1°,9	—2°,2
Темпер. соотвѣтств. наибольшей плотности воды приданной солености—θ°	3°,98	2°,9	1°,9	0°,8	—0°,3	—1°,332	—1°,4	—2°,5	—3°,5	—4°,5

Напримѣръ, при солености Финскаго залива и Балтійскаго моря между 5‰—10‰, морская вода начинаетъ замерзать при охлажденіи ея до—0°,3 и—0°,5. Въ Черномъ морѣ, гдѣ соленость больше (15‰—20‰), вода должна охладиться больше, до — 0°,8 и — 1°,1; а въ полярныхъ странахъ, гдѣ соленость на поверхности между 30‰ — 35‰, температура замерзанія уже около —1°,6 и —1°,9.

Въ послѣдней строкѣ той же таблицы даны температуры (θ°), при которыхъ морская вода опредѣленной солености достигаетъ наибольшей плотности, что̀ съ прѣсной водою бываетъ при 4°. Изъ таблицы видно, что по мѣрѣ увеличенія солености понижается и температура θ° наибольшей плотности морской воды. При увеличеніи солености отъ 0‰ до 40‰ температура θ° измѣняется болѣе чѣмъ на 8° (отъ +4° до—4,°5); между тѣмъ температура замерзанія τ° при томъ же увеличеніи солености измѣняется всего на 2° (отъ 0° до — 2°,2). Отсюда видно, что существуетъ такая соленость, при которой обѣ эти температуры сравниваются; какъ видно изъ таблицы, это случается при $S = 24{,}695$‰, тогда температуры замерзанія и наибольшей плотности обѣ равны — 1°,3.

Морская вода солености *менѣе* 24,7‰, подобно прѣсной водѣ, при охлажденіи осенью сперва достигаетъ состоянія наибольшей плотности, а потомъ, продолжая охлаждаться, достигаетъ точки замерзанія.

Морская же вода солености *болѣе* 24,7‰ при охлажденіи своемъ осенью сперва достигаетъ точки замерзанія, плотность же ея продолжаетъ увеличиваться при дальнѣйшемъ охлажденіи. На прилагаемомъ графикѣ (фиг. 69) изображена выше приведенная таблица; на немъ описываемыя свойства морской воды разныхъ соленостей видны еще нагляднѣе. Линія температуръ наибольшей плотности (θ°) наклонена



Фиг. 69. Зависимость между температурами: τ° и θ° и соленостью.

круче, нежели линія температуръ замерзанія (τ°), онѣ пересѣкаются на вертикальной линіи, соотвѣтствующей солености 24,7‰. При соленостяхъ больше этой вода при охлажденіи ранѣе достигаетъ своей температуры замерзанія (τ°), нежели своей температуры наибольшей плотности (θ°).

Такъ какъ въ полярныхъ частяхъ океановъ соленость на поверхности бываетъ между 30‰—35‰, то только-что указанное свойство воды такой солености образуетъ *третью* причину, замедляющую образованіе льда изъ морской воды. До самаго момента замерзанія поверхностный слой дѣлается все тяжелѣе и тяжелѣе, и такимъ образомъ все время поддерживается обмѣнъ воды (конвекція) между нижними, болѣе легкими и теплыми слоями, и поверхностнымъ. Въ прѣсныхъ и мало соленыхъ водахъ (менѣе 24,7‰) для образованія льда достаточно охладить до точки замерзанія одинъ поверхностный слой, а въ водахъ болѣе соленыхъ (болѣе 24,7‰) должна охладиться нѣкоторая толща слоевъ, прежде нежели начнется замерзаніе.

Насколько быстрѣе измѣняется съ увеличеніемъ солености наибольшая плотность морской воды сравнительно съ плотностью ея при температурѣ замерзанія, видно изъ слѣдующей таблицы.

Зависимость отъ солености: плотности при температурѣ замерзанія и наибольшей плотности.

Соленость $S^0/_{00}$ . . .	0	5	10	15	20	24,695	25	30	35	40
Плотность при τ° — (температурѣ замерзанія) — σ_τ . . .	0,99987	1,00394	1,00800	1,01202	1,01607	1,01985	1,02010	1,02414	1,02821	1,03227
Наибольшая плотность при данной солености — σ_θ	1,00000	1,00415	1,00818	1,01213	1,01607	1,01985	1,02010	1,02415	1,02822	1,03232

Такимъ образомъ въ полярныхъ водахъ три причины замедляютъ образованіе льдовъ:

1—точка замерзанія (τ°) значительно ниже 0° (около—1°,7),

2—наибольшая плотность (σ_θ) соленой воды больше ея плотности при температурѣ замерзанія (σ_τ);

3 — при переходѣ морской воды въ ледъ (въ твердое состояніе) часть солей, бывшихъ въ растворѣ, въ ледъ не переходитъ, а остается въ растворѣ и тѣмъ самымъ увеличиваетъ соленость воды, что̀ въ то же время понижаетъ точку замерзанія и дѣлаетъ поверхностный слой тяжелѣе ниже лежащихъ, т.-е. поддерживаетъ конвекцію.

Кромѣ того, конечно, и волненіе, перемѣшивая воду, противодѣйствуетъ замерзанію одинаково какъ и въ прѣсноводныхъ бассейнахъ.

Въ полярныхъ водахъ океановъ всегда существуютъ круглый годъ старые льды прежнихъ зимъ, присутствіе которыхъ значительно уменьшаетъ волненіе и слѣдовательно ускоряетъ замерзаніе. Затѣмъ осенью атмосферные осадки въ полярныхъ странахъ выпадаютъ въ видѣ снѣга, при чемъ снѣгъ съ соленою водою образуетъ охлаждающую смѣсь *), способствующую замерзанію.

Наконецъ въ тѣхъ мѣстахъ полярныхъ областей океановъ, гдѣ остается старый пловучій ледъ, къ осени поверхностные слои воды между старыми льдинами значительно распрѣснены тающей снѣговою водою, сбѣгающей съ поверхности льдинъ.

---

*) Напримѣръ, при выпаденіи количества снѣга, равнаго по растаиваніи слою воды въ 10 мм., получается пониженіе температуры, могущее охладить на 1° слой воды въ 1 метръ.

Всѣ эти явленія въ свою очередь способствуютъ образованію новаго льда, который и появляется какъ результатъ совокупнаго дѣйствія какъ противящихся, такъ и способствующихъ условій къ его образованію.

Морской ледъ; ледяныя поля и ихъ образованіе; полярный пакъ. — Какъ уже было указано выше (см. температуру на поверхности), въ полярныхъ водахъ лѣтомъ температура на поверхности очень близка къ нулю (+1°, +1°,5), и потому осенью, съ наступленіемъ холодовъ, охлажденіе воды идетъ быстро, и какъ только температура поверхностнаго слоя опустится до точки замерзанія, сейчасъ появляются ледяные кристаллы въ видѣ иглъ. Если волненія нѣтъ, то при низкой температурѣ воздуха кристаллы быстро растутъ въ числѣ и размѣрахъ (доходя до 2—3 сант. длиною; 0,5—1 с. шириною; при толщинѣ всего въ 0,5—1 мм.). Кристаллы быстро смерзаются между собою и образуютъ тонкую матовую поверхность, такъ называемое ледяное сало. Обычно однако сало начинаетъ образовываться сразу во многихъ мѣстахъ поверхности и образуетъ небольшія круглыя льдинки (1—3 фут. діам.), называемыя блинчатымъ льдомъ. Такой ледъ вначалѣ очень неустойчивъ, и волненіемъ его легко можетъ разбить и уничтожить; но, какъ только стихнетъ, онъ снова образуется. Если ничто не мѣшаетъ, а температура въ воздухѣ стоитъ низкая, то отдѣльные блины смерзаются, образуя иногда совершенно гладкую поверхность; но чаще она бываетъ изборождена сѣтью мелкихъ рубцовъ, вслѣдствіе обламыванія при сталкиваніи краевъ отдѣльныхъ блиновъ. Такой ледяной покровъ утолщается нарастаніемъ снизу, гдѣ вода наполнена ледяными кристаллами.

Если передъ замерзаніемъ выпадетъ снѣгъ, то онъ способствуетъ замерзанію, образуя снѣжную кашу.

Въ тихую погоду и при низкой температурѣ воздуха случается, что образованіе обширныхъ площадей льда происходитъ въ нѣсколько часовъ. Волненіемъ ледъ можетъ разбить, нагромоздить отдѣльныя льдины одну на другую, но потомъ дальнѣйшее пониженіе температуры воздуха не замедлитъ заставить образоваться достаточно прочный ледяной покровъ, отличающійся по большей части неровною поверхностью вслѣдствіе вышеописанныхъ обстоятельствъ. Такой ледъ имѣетъ толщину около 3—4 сант.; онъ гораздо менѣе проченъ, нежели ледъ прѣсной воды, который при той же толщинѣ держитъ уже человѣка; морской же ледъ долженъ быть для этого не тоньше 5—6 см. Зато морской ледъ отличается большою

упругостью, и на лыжахъ можно по тонкому льду перейти черезъ трещину или полынью.

Въ открытомъ морѣ старые льды много способствуютъ ускоренію образованія новаго льда, во-первыхъ, охлаждая воду вокругъ, затѣмъ препятствуя волненію и наконецъ доставляя прѣсную воду, стекающую въ лѣтнее время съ ихъ поверхности. Поэтому между старыми льдами новый ледъ образуется скорѣе и раньше.

Наблюденія показываютъ, что естественнымъ замерзаніемъ ледъ не можетъ достигнуть толщины болѣе 3—4 метровъ, потому что ледъ—плохой проводникъ холода. Обыкновенно же за зиму ледъ успѣваетъ дойти до толщины въ 2—2,5 метровъ.

Ледъ изъ морской воды имѣетъ удѣльный вѣсъ близкій къ 0,9; такъ какъ въ природѣ никогда не бываетъ большихъ массъ льда совершенно сплошныхъ, а въ нихъ всегда включены пузырьки воздуха, то и удѣльный вѣсъ ледяныхъ глыбъ всегда различный. Принимая удѣльный вѣсъ морской воды въ полярныхъ странахъ около 1,026, можно допустить, въ среднемъ, если взять кусокъ морского льда совершенно правильной геометрической формы, что отношеніе надводной его части къ подводной будетъ 1 : 7. Обыкновенно льдины имѣютъ неправильную форму, и, конечно, остроконечныя части ихъ, когда льдина плаваетъ, оказываются вверху, почему надъ водою часто бываетъ не седьмая, а большая часть всей льдины.

Цвѣтъ морского льда обыкновенно зеленый, тѣмъ свѣтлѣе, чѣмъ больше въ немъ воздушныхъ пузырьковъ. Морской ледъ соленый, но составъ его иной, нежели воды, изъ коей онъ образовался (см. стр. 180); съ теченіемъ времени соли вывѣтриваются и выщелачиваются снѣговою водою, потому старые льды почти прѣсные.

При температурахъ около 0° морской ледъ отличается большою пластичностью и упругостью и ломается трудно; при низкихъ же температурахъ ледъ очень твердъ и хрупокъ и при сдавливаніи ломается легко и съ сильнымъ трескомъ.

При самомъ началѣ образованія ледянаго покрова волненіе и вѣтеръ нерѣдко взламываютъ молодой ледъ и набиваютъ льдинки одну на другую. При дальнѣйшемъ утолщеніи льда случается то же самое. Вѣтры, вслѣдствіе тренія о поверхность льдовъ, заставляютъ ихъ двигаться по какому-либо направленію; двигающаяся огромная площадь льдовъ даже и при очень малой скорости обладаетъ большою живою силою. Подоб-

Фиг. 70. Начало образованія тороса около Таймырскаго полуострова.

ная движущаяся масса льдовъ, встрѣчая на своемъ пути не только берега, но даже лишь льды, стоячіе или двигающіеся по иному направленію, произведетъ на нихъ громадное давленіе, котораго не выдерживаетъ крѣпость льда; тогда послѣдній взламывается по линіи приблизительно перпендикулярной къ направленію движенія. Взломъ льда дастъ возможность остальной массѣ льдовъ продвинуться еще впередъ, произойдетъ новое взламываніе, и въ концѣ концовъ по линіи взлома образуется нагроможденіе ледяныхъ обломковъ выше и ниже уровня воды, пока эта масса обломковъ не сдѣлается достаточно прочной. Тогда ледъ начинаетъ взламываться по другой линіи, гдѣ снова нагромождаются такія же гряды ледяныхъ холмовъ, называемыхъ торосами. Когда вѣтеръ задуетъ отъ иного направленія, тогда получатся новыя гряды торосовъ и т. д.

Первое возникновеніе тороса видно на прилагаемой фотографіи (фиг. 70), снятой зимою 1914—15 г. въ Гидрографической экспедиціи Морского Министерства подъ командою флигель-адъютанта Б. А. Вилькицкаго у береговъ Таймырскаго полуострова. Когда же подобные то-

Фиг. 71. Торосъ въ СѢв. Полярномъ морѣ, экси. Нансена 1895 г. къ сѣв. отъ З. Франца-Іосифа.

росы достигаютъ особенно большого развитія, то получаются громадныя нагроможденія льдовъ, образчикомъ которыхъ служитъ фотографія (фиг. 71), представляющая такой торосъ по фотографіи экспедиціи Нансена въ Полярное море въ 1893 — 96 гг. Эти торосы, пересѣкаясь между собою, образуютъ сѣтку ледяныхъ грядъ, изборождающихъ всю поверхность полярныхъ льдовъ, оставляя между собою сравнительно небольшія, болѣе или менѣе ровныя площадки, кругловатой формы, со всѣхъ сторонъ окруженныя торосами.

Совершенно такое же вліяніе на движеніе льдовъ имѣютъ и приливо-отливныя теченія, передвигая дважды въ сутки льды въ разныя стороны.

При напорахъ льдовъ отдѣльныя льдины подходятъ одна подъ другую и тѣмъ самымъ утолщаютъ ледяной покровъ Полярнаго моря, при чемъ толщина его доходитъ до 6—8—20 и болѣе метровъ *).

*) *Фрамъ* Ф. Нансена послѣ второй зимы среди льдовъ Полярнаго моря лежалъ на льдинѣ болѣе 15 м. толщиною, хотя, когда судно вошло во льды къ сѣверу отъ Челюскина м., то оно, очевидно, было на водѣ. Постоянные напоры льдовъ за полтора года по-

Фиг. 72. Торосистый ледъ въ Карскомъ м., экс. герцога Орлеанскаго 1907 г.

Въ тѣхъ мѣстахъ, откуда идетъ въ данное время напоръ льдовъ, гдѣ слѣдовательно давленіе ихъ уменьшилось, происходятъ разрывы льдовъ и образуются полыньи въ видѣ каналовъ, которыя при низкой температурѣ воздуха быстро затягиваются льдомъ. При новыхъ напорахъ нерѣдко этотъ молодой ледъ взламывается въ свою очередь, и каналъ совершенно закрывается.

Высота торосовъ надъ остальною поверхностью льда, въ большомъ удаленіи отъ береговъ (километровъ 1.000), не превосходитъ 9 метровъ, а обычно бываетъ 4—5 м., рѣдко 7 м. Для того, чтобы такую массу льда поддерживать выше уровня воды, необходимо, чтобы и подъ торосомъ было большое скопленіе льдинъ, что̀ въ дѣйствительности и бываетъ. Ниже уровня воды находится толща льдовъ раза въ два, въ три больше той, что̀ надъ поверхностью воды; такимъ образомъ общая толщина тороса можетъ доходить метровъ до 15—20 *).

степенно подводили подъ судно льдины и утолщали ихъ снизу, приподымая *Фрамъ*, обводы котораго были такъ разсчитаны, чтобы напоромъ льдовъ судно не сжимало, а именно выпирало вверхъ.

*) Подобныя измѣренія очень затруднительны, а потому и точные размѣры знать трудно.

Торосы одногодовалые менѣе крѣпки, потому что глыбы льда въ нихъ только нагромождены другъ на друга; многолѣтніе торосы крѣпче, такъ какъ за лѣтнее время глыбы успѣваютъ обтаять и плотнѣе лечь другъ къ другу; лежащій на нихъ снѣгъ тоже лѣтомъ даетъ воду, которая, просачиваясь между глыбами, замерзаетъ и ихъ скрѣпляетъ.

Такимъ образомъ, если взглянуть на полярные льды сверху, то глазамъ представилась бы поверхность, изборожденная по всевозможнымъ направленіямъ грядами торосовъ разнаго характера. Нѣкоторое представленіе этой картины даетъ фиг. 72, гдѣ изображенъ тороспстый ледъ Карскаго моря по фотографіи экспедиціи герцога Орлеанскаго на *Belgica* въ 1907 г. Снимокъ сдѣланъ 20 Іюля по восточную сторону южнаго о-ва Новой Земли въ разстояніи десяти миль отъ берега.

Подобные полярные льды называются ледяными полями; они-то и покрываютъ всю поверхность сѣвернаго и южнаго полярныхъ частей океановъ и постоянно, непрерывно находятся въ движеніи, обусловливаемомъ главнымъ образомъ господствующими вѣтрами. Неподвижные льды зимою, а иногда и лѣтомъ встрѣчаются только около береговъ полярныхъ земель; особенно широкая полоса ихъ лежитъ зимою вдоль всего берега Сибири; она достигаетъ большой ширины къ востоку отъ Таймыра, простираясь здѣсь за сѣверныя окраины Ново-Сибирскихъ о-въ. Существованіе зимою такой полосы неподвижныхъ льдовъ—берегового припая обусловливается малыми глубинами, при которыхъ торосы становятся на мель и тѣмъ самымъ закрѣпляютъ окружающіе ихъ льды на мѣстѣ. Такіе сидящіе на мели торосы сибирскими промышленниками называются стамухами. Обыкновенно съ Ноября мѣсяца береговой припай стоитъ здѣсь уже неподвижно.

Въ полосѣ берегового припая встрѣчаются торосы особенно большихъ размѣровъ, движеніе льдовъ тутъ встрѣчаетъ сильное препятствіе въ видѣ берега, и потому нагроможденія ихъ бываютъ особенно велики. Въ такихъ мѣстахъ не рѣдко можно видѣть торосы, возвышающіеся до 12 метровъ надъ поверхностью льдовъ, а случается и до 15—18 и 20 м. Подобные торосы существуютъ по нѣскольку лѣтъ, обтаивая лѣтомъ, они уплотняются и, стоя на мели, образуютъ подобіе ледянаго острова. Примѣръ подобнаго тороса виденъ на слѣдующей фотографіи (фиг. 73), снятой въ экспедиціи Б. А. Вилькицкаго у берега Таймырскаго полуострова.

Подобные же большіе торосы встрѣчаются и у сѣверныхъ береговъ

Фиг. 73. Береговой торосъ у Таймырскаго полуострова.

Гренландіи и Земли Гриннеля, потому что тамъ движеніемъ льдовъ отъ Берингова пролива къ Гренландіи образуется у береговъ сильный напоръ.

Вдоль окраины берегового припая въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ обыкновенно существуетъ полынья, то открывающаяся, то закрывающаяся. Ее наблюдали въ нѣсколькихъ мѣстахъ къ сѣверу отъ береговъ Восточной Сибири и къ сѣверу отъ Земли Гриннеля и Гренландіи. Существованіе полыньи обусловливается постояннымъ движеніемъ льдовъ въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ вдали отъ береговъ подъ вліяніемъ главнымъ образомъ вѣтровъ, а также и приливо-отливныхъ теченій.

Вся внутренняя часть Сѣвернаго Полярнаго моря покрыта ледяными полями, непрерывно передвигающимися по разнымъ направленіямъ, но въ общемъ имѣющими движеніе отъ Берингова пролива къ Шпицбергену и Гренландіи. Значительную роль въ этомъ движеніи играетъ зимою область высокаго атмосфернаго давленія, находящаяся въ С.-В. Сибири, и благодаря которой надъ всею сибирскою частью Полярнаго моря зимою дуютъ вѣтры изъ южной половины компаса.

Фиг. 74. Напоръ льдовъ въ Карскомъ м. лѣтомъ 1907 г. на *Belgica*.

При всякомъ продолжительномъ періодѣ вѣтровъ того же направленія въ какой-либо части Полярной области, приведенная этими вѣтрами въ движеніе масса ледяныхъ полей производитъ на своей передней границѣ большое давленіе на льды, не участвующіе въ ихъ движеніи. Такъ какъ зимою ледъ очень хрупокъ, то при напорѣ онъ ломается съ сильнымъ трескомъ и шумомъ, при этомъ льдины въ 4 — 6 метровъ толщиною лопаются, какъ дощечки, одна глыба за другою громоздится другъ на друга, и въ результатѣ быстро нарастаютъ гряды торосовъ, а болѣе ровныя мѣста льдинъ заливаются водою, выступившею изъ трещинъ. Напоръ продолжается иногда десятки минутъ, иногда часы, а случается, что съ небольшими перерывами и цѣлые дни. Въ Полярныхъ моряхъ все время, весь годъ повторяются эти напоры льдовъ, съ тою разницею, что лѣтомъ, вслѣдствіе пластичности льда при температурахъ около нуля, напоры происходятъ безъ страшнаго шума, сопровождающаго ихъ зимою. Кромѣ того лѣтомъ напоры, повидимому, не такъ сильны. На фиг. 74 изображенъ моментъ начала подобнаго напора льдовъ на судно лѣтомъ

въ Карскомъ м. (*Belgica*, Іюль 1907 г.); конечно, въ этомъ морѣ напоры не достигаютъ такой силы, какъ въ открытомъ и обширномъ Полярномъ морѣ.

Вся совокупность непроходимаго и все время двигающагося ледянаго покрова Полярнаго моря называется арктическимъ пакомъ. Отдѣльныя льдины, его составляющія, очень не много уменьшаются въ своей толщинѣ таяніемъ за короткое полярное лѣто, зимою же образуются новые и новые льды, а старые утолщаются нагроможденіями, и если пакъ не имѣлъ бы выхода въ болѣе низкія широты, гдѣ онъ растаиваетъ, то Сѣверное Полярное море, окруженное на значительномъ протяженіи естественными берегами, могло бы сплошь покрыться льдами.

Въ южномъ полушаріи пакъ непосредственно граничитъ съ внѣшней стороны съ открытыми частями океановъ, и потому тамъ онъ свободно уносится теченіями въ болѣе низкія широты, гдѣ и растаиваетъ.

Въ сѣверномъ полушаріи пакъ двигается отъ береговъ Сибири къ тому широкому проливу, который образованъ промежуткомъ между Гренландіей и Шпицбергеномъ и продолжается далѣе на югъ тоже достаточно широкимъ Датскимъ проливомъ между Исландіей и Гренландіей. По этому пути ежегодно выносится Восточно-Гренландскимъ теченіемъ потокъ арктическаго пака, занимающій отъ берега Гренландіи, по параллели, полосу около 500 кил. шириною.

Лѣтомъ въ Полярномъ морѣ на окраинѣ пака ледяныя поля болѣе или менѣе раздвинуты и свободные промежутки между ними могутъ быть оцѣнены приблизительно въ 18%—28%, т.-е. около одной четверти общей поверхности *) льдовъ.

Средняя скорость Вост.-Гренландскаго теченія около 10 миль въ сутки, и если допустить, что средняя мощность ледяныхъ полей всего 5 метровъ (16 ф.), то за годъ теченіемъ выносится 12.700 куб. километровъ льдовъ. Допуская, что изъ 8.000.000 кв. кил. поверхности Сѣвернаго Полярнаго моря 7 : 8 его пространства покрыто ледяными полями со среднею толщиною въ 5 м., получается выводъ, что вышеупомянутымъ теченіемъ ежегодно выносится около одной трети всего арктическаго пака.

Другой потокъ льдовъ изъ Сѣверо-американскаго архипелага и

*) Согласно опредѣленію в.-адмирала С. О. Макарова, на основаніи топографическихъ съемокъ частей ледяныхъ полей къ сѣверу отъ Шпицбергена, что совершенно сходится и съ опредѣленіями на глазъ прежнихъ полярныхъ мореплавателей.

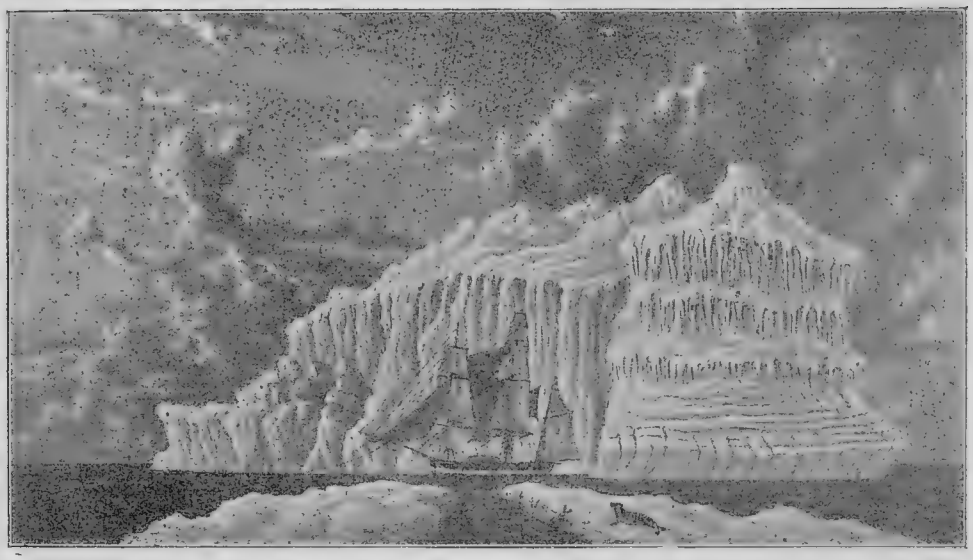
изъ Баффинова моря направляется по западную сторону Гренландіи черезъ Дэвисовъ проливъ, гдѣ выносится по такому же расчету 5.000 куб. кил. льдовъ въ годъ. Наконецъ по южную сторону Шпицбергена, между нимъ, Медвѣжьимъ о-мъ и Новою Землею выносится въ годъ около 2.000 куб. кил. льдовъ, что въ общей суммѣ даетъ около 20.000 куб. кил. льдовъ за годъ, т.-е. около половины всего количества арктическаго пака. Время, которое необходимо паку, чтобы пройти черезъ Арктическую область отъ Берингова пролива къ Шпицбергену, опредѣляется приблизительно въ 6 лѣтъ. Отсюда получается выводъ, что врядъ ли можно встрѣтить въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ много льдовъ болѣе чѣмъ 10-лѣтняго возраста; кромѣ, конечно, льдовъ, стоящихъ на мели на мелкихъ мѣстахъ или въ уединенныхъ заливахъ и проливахъ. Такимъ путемъ регулируетъ природа количество плавучихъ льдовъ въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ.

Количество льдовъ, выносимыхъ въ низкія широты теченіями изъ Южнаго Полярнаго пространства, нельзя оцѣнить цифрою, потому что не имѣется для того даже и приблизительныхъ данныхъ.

Въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ, по мѣрѣ приближенія къ центральной части его, т.-е. съ удаленіемъ отъ береговъ, ледяныя поля становятся болѣе ровными, какъ это видно изъ путешествія Нэнсэна къ сѣверному полюсу въ Мартѣ-Апрѣлѣ 1909 г. (полюсъ былъ достигнутъ 6-го Апр. 1909 г.).

Ледяныя горы, ихъ образованіе и ихъ характеръ въ обоихъ полушаріяхъ.—Кромѣ описанныхъ выше льдовъ, происходящихъ отъ замерзанія морской воды, въ полярныхъ пространствахъ океановъ встрѣчаются еще льды совершенно иного характера и по ихъ внѣшнему виду и по ихъ образованію. Они носятъ названіе «Ледяныхъ горъ», и дѣйствительно ихъ вертикальные размѣры вполнѣ оправдываютъ такое названіе.

Въ сѣверномъ полушаріи средняя высота ледяныхъ горъ надъ уровнемъ воды около 70 м., но встрѣчаются горы и до 100 м. и, въ видѣ исключенія, до 140 м. и даже 195 м. Въ среднемъ можно считать, что надъ водою находится только 1 : 5 или 1 : 6 доля всей высоты горы, а остальная часть подъ водою; т.-е. общая мощность горы можетъ доходить до 600—700 м. Отсюда уже видно, какія громадныя массы льда представляютъ эти горы, тѣмъ болѣе, что и горизонтальные размѣры ихъ также значительны; нерѣдко горы имѣютъ нѣсколько километровъ въ длину и въ ширину.

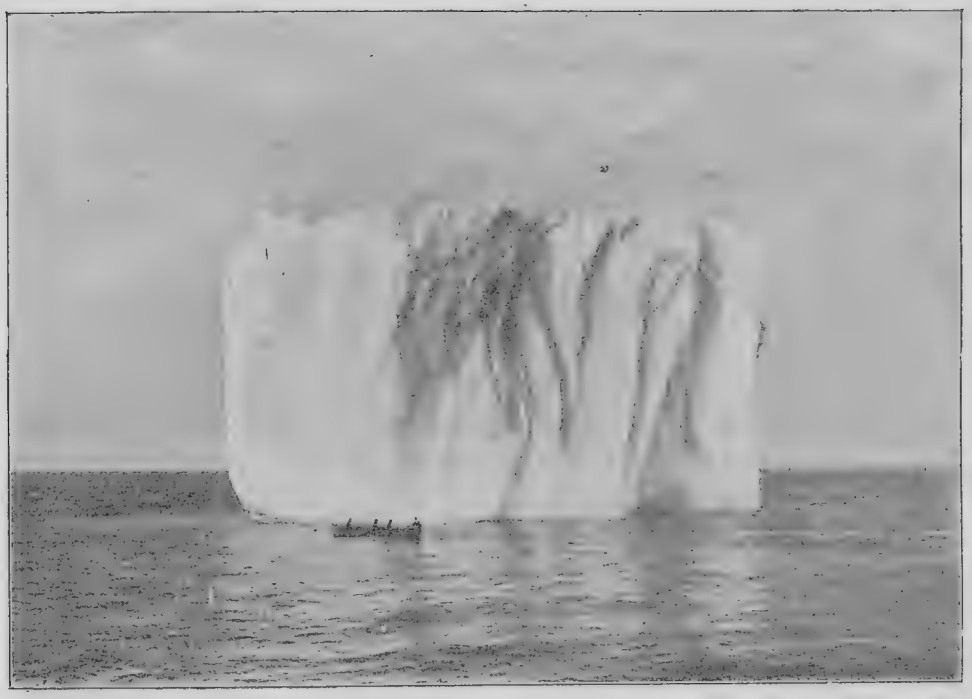


Фиг. 75. Ледяная гора въ Баффиновомъ м., экспедиція Парри, 1819—20 гг.

Прекрасный примѣръ такой ледяной горы виденъ на фиг. 75, гдѣ размѣры горы хорошо оцѣниваются по сравненію съ судномъ. Рисунокъ взятъ изъ описанія полярнаго плаванія В. Парри въ 1819—20 гг. съ цѣлью открытія сѣверо-западнаго прохода въ Тихій океанъ. Гравюра сдѣлана по рисунку лейтенанта Бичи, извѣстнаго впослѣдствіи самостоятельнаго полярнаго изслѣдователя; ледяная гора была встрѣчена въ Баффиновомъ морѣ въ Іюлѣ мѣсяцѣ.

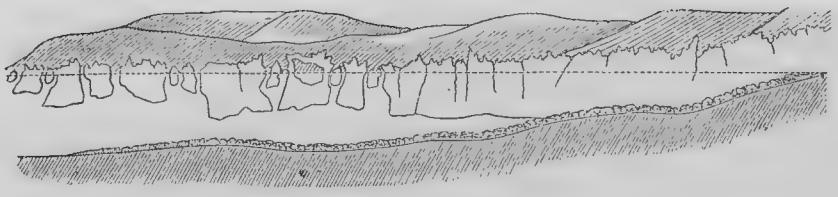
Другой примѣръ (фиг. 76) даетъ понятіе о ледяныхъ горахъ, встрѣчающихся въ Баренцовомъ морѣ между Европой и Шпицбергеномъ. Ледяная гора была встрѣчена 29-го Іюля 1906 г. къ югу отъ о-ва Надежды (76°17′ с. ш.—24°58′ в. д. Гр.) пароходомъ *Андрей Первозванный* научно-промысловой Мурманской экспедиціи, подъ начальствомъ Л. Л. Брейтфуса. Гора возвышалась надъ уровнемъ моря на 22 м. и сидѣла на мели на глубинѣ 64 м., т.-е. общая высота ея была 88 м.; стоящая рядомъ шлюпка служитъ наглядньмъ масштабомъ.

Изслѣдуя составъ льда, изъ котораго состоятъ ледяныя горы, убѣдились, что онъ совершенно прѣсный; принимая во вниманіе однородность ихъ льда и огромную мощность его, очевидно, что никакое скопленіе морского льда (изъ морской воды) не можетъ создать подобныхъ ледяныхъ горъ. Изученіе полярныхъ странъ показало, что громадной



Фиг. 76. Ледяная гора въ Баренцовомъ морѣ.

мощности ледяные покровы занимаютъ иногда въ полярныхъ странахъ большія пространства суши, образуя материковый ледъ. Въ Гренландіи, напримѣръ, подобный материковый ледъ покрываетъ, за исключеніемъ узкихъ полосъ по берегамъ, все внутреннее пространство этого наибольшаго о-ва въ мірѣ (2.100.000 кв. к.); онъ достигаетъ тамъ мощности около 2 километровъ. На другихъ полярныхъ земляхъ тоже существуютъ подобные же покровы материковаго льда (въ Американскомъ полярномъ архипелагѣ, на Шпицбергенѣ, Землѣ Франца-Іосифа, Новой Землѣ и, вѣроятно, и на Землѣ Императора Николая II), только они не столь толсты. Отъ этихъ внутреннихъ ледяныхъ покрововъ, въ мѣстахъ, гдѣ рельефъ береговой полосы суши тому благопріятствуетъ, отдѣляются громадной ширины ледяные потоки, называемые ледниками, которые медленно текутъ подъ уклонъ берега, уходя нижними концами въ море, и подъ постояннымъ напоромъ сверху все вновь сползающихъ массъ льда нижніе концы его могутъ выдвинуться на значительное разстояніе отъ берега, на глубину бо́льшую, нежели толщина льда, гдѣ, вслѣд-



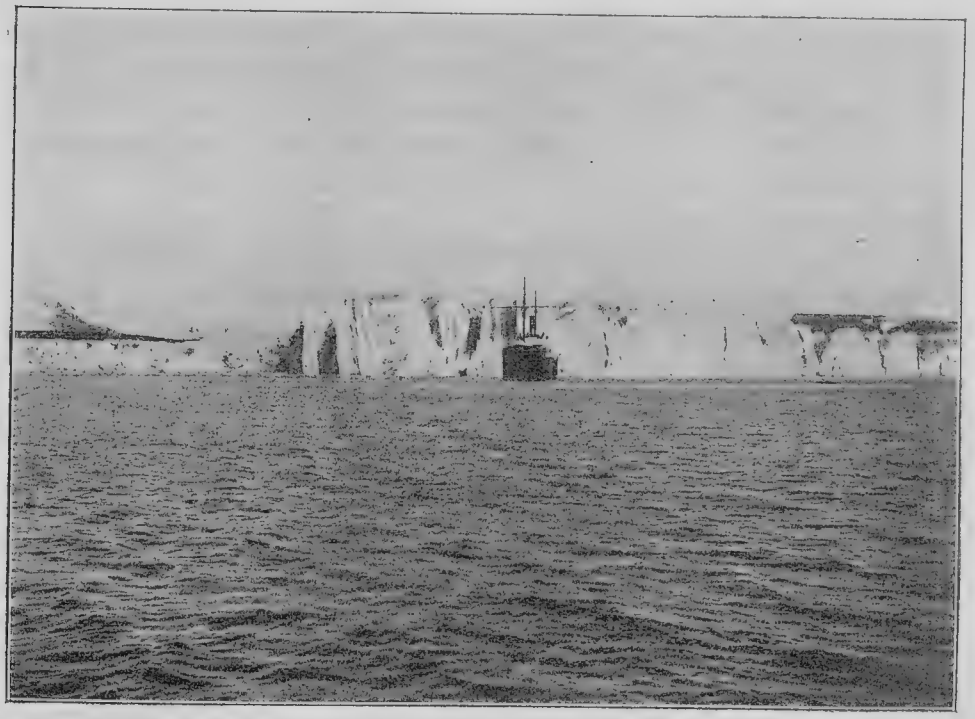
Фиг. 77. Схема возникновенія ледяныхъ горъ (изъ Ога).

ствіе его меньшаго удѣльнаго вѣса, нежели вода, а тѣмъ болѣе морская, ледъ всплываетъ. Волненіе и колебаніе уровня отъ вѣтра и отъ приливовъ опускаютъ и поднимаютъ ледъ, нарушаютъ связь между нимъ и остальною частью ледника, ледъ котораго всегда изборожденъ болѣе или менѣе глубокими трещинами. (Трещины образуются вслѣдствіе перехода ледника черезъ неровности и изгибы рельефа ложа, по которому онъ медленно двигается, побуждаемый къ тому тяжестью постоянно накопляющагося и не тающаго снѣга. По изслѣдованіямъ Дригальскаго въ Гренландіи ледъ даже и вдоль горизонтальной поверхности все-таки те-

Фиг. 78. Ледникъ на Новой Землѣ въ Карскомъ м. въ Медвѣжьемъ заливѣ издали.

четъ). Такимъ образомъ нижняя часть ледника, находящаяся на плаву, разбивается на отдѣльные громадные куски, подобно тому, какъ это изображено схематически на фиг. 77. Внизу, подъ ледникомъ, видна донная морена—обломки скалъ, свалившіеся со склоновъ горъ при разрушеніи ихъ отъ климатическихъ перемѣнъ и постепенно сквозь трещины провалившіеся до дна ледникова ложа.

Самые громадные полярные ледники въ сѣверномъ полушаріи находятся въ Гренландіи. Потому и наиболѣе крупныя ледяныя горы встрѣчаются около береговъ Гренландіи какъ съ восточной такъ и западной стороны ея. Остальныя полярныя земли не обладаютъ такими ледниками (Шпицбергенъ, Новая Земля и др.), почему и образующіяся изъ нихъ ледяныя горы меньшаго размѣра. На слѣдующемъ рисункѣ (фиг. 78) видно общее расположеніе конца ледника, спускающагося отъ внутренняго материковаго льда сѣвернаго острова Новой Земли въ Карское море (Медвѣжій зал.). На другомъ рисункѣ (фиг. 79) *) предста-



Фиг. 79. Ледникъ на Новой Землѣ въ Медвѣжьемъ заливѣ на вост. бер. Новой Земли и пароходъ *Пахтусовъ*.

*) Оба снимка съ фотографіи участника экспедиціи, генер.-маіора А. В. Янова.

вленъ конецъ того же ледника, но только съ болѣе близкаго разстоянія. Стоящій рядомъ съ ледникомъ пароходъ *Пахтусовъ*, гидрографической экспедиціи подъ начальствомъ генерала А. И. Вилькицкаго, даетъ понятіе о размѣрахъ той части ледника, которая находится выше уровня воды. Высота его была 17 м. (57 ф.), а глубина моря рядомъ съ краемъ ледника 128 м. (420 ф.). Наблюденіе было сдѣлано 6-го Сентября 1901 г.

Отдѣленіе ледяной горы отъ ледника сопровождается сильнымъ трескомъ, ледъ ломается съ шумомъ, напоминающимъ выстрѣлы изъ орудій или сильные взрывы, при этомъ огромные куски льда летятъ въ разныя стороны и въ воду. Когда гора отдѣлится, то лѣтомъ, если около нея море свободно, ее вѣтромъ, а главнымъ образомъ теченіемъ начинаетъ относить далѣе. При этомъ, по мѣрѣ того, какъ подтаиваетъ ея основаніе и вообще часть, расположенная ниже уровня воды, центръ тяжести всей массы мѣняется, и гора, постепенно наклоняясь, можетъ перевернуться или будетъ плавать въ положеніи неустойчиваго равновѣсія. Послѣдній случай самый опасный для полярныхъ мореплавателей, такъ какъ иногда достаточно бываетъ сотрясенія воздуха отъ выстрѣла изъ ружья, чтобы гора перевернулась. Перевертываніе подобной громадной массы, на поверхности которой всегда лежатъ большіе куски льда, плохо съ ней связанные, производитъ не только большое волненіе, но и можетъ быть причиною большой аваріи для судна, находящагося близко къ мѣсту переворачиванія горы.

Волненіемъ и прибоемъ выбиваетъ въ бокахъ горъ порядочныя пещеры, но такъ какъ ватерлинія горы постоянно измѣняется, то эти пещеры не успѣваютъ сдѣлаться глубокими. Постоянное подтаиваніе, оборачиваніе и вообще разрушеніе горъ обусловливаетъ ихъ разнообразную форму и причудливый видъ (см. фиг. 75).

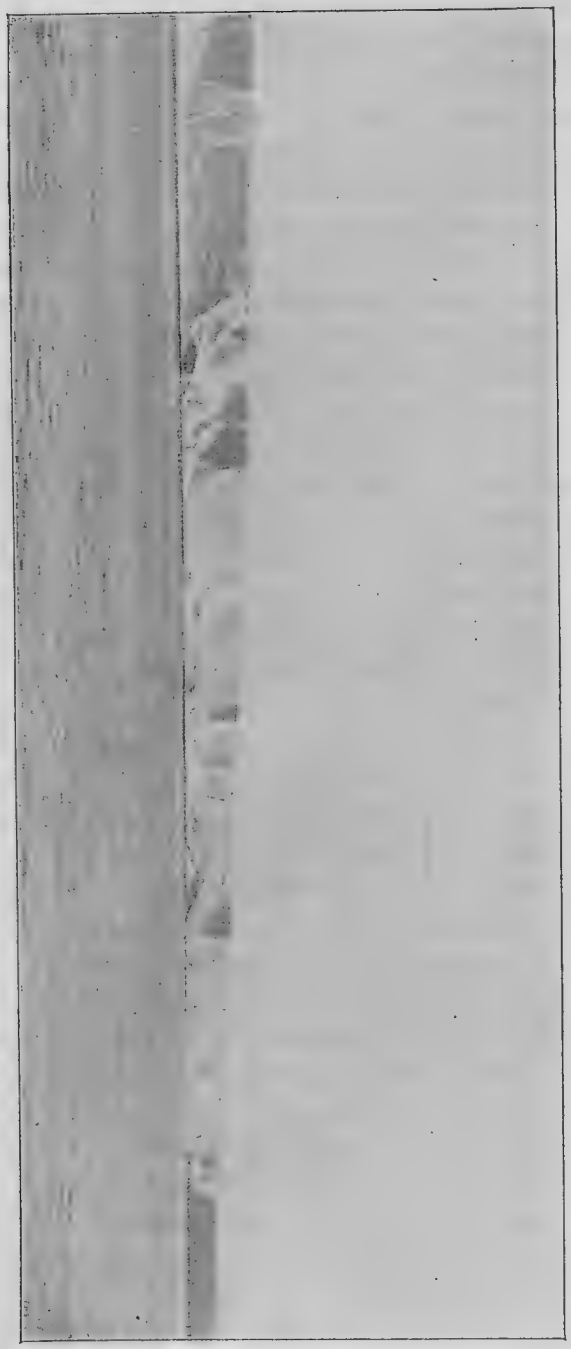
Въ теченіе своихъ странствованій ледяныя горы нерѣдко садятся на мель, къ нимъ примерзаетъ грунтъ дна, и послѣ многихъ оборачиваній иногда поверхность горы настолько сильно покрывается иломъ, что даже и на близкомъ разстояніи нельзя замѣтить, что подъ слоемъ ила есть ледъ. Такія горы, стоя на мели, случалось, вводили въ заблужденіе мореплавателей, принимавшихъ ихъ за острова *).

*) Напр., экспедиція графа Вильчека въ 1872 г., сопровождавшая *Tegethof*, на обратномъ пути заходила въ пр. Костинъ Шаръ на Новой Землѣ и нашла тамъ два острова, которые и нанесла на карту. Впослѣдствіи гидрографическая экспедиція Морского Министерства подъ начальствомъ кап. 2 р. А. М. Бухтѣева въ 1896 г. заходила туда же и убѣдилась, что эти острова исчезли.

Выше, говоря о движеніи арктическаго пака, было указано, что льды въ сѣверномъ полушаріи двигаются отъ береговъ Сибири и сѣверо-западной Америки черезъ полюсъ къ Гренландіи и Шпицбергену. Вслѣдствіе этого ледяныя горы, образуемыя ледниками Гренландіи, Шпицбергена, Земли Франца-Іосифа и другихъ арктическихъ земель, двигаются также къ выходу изъ Полярнаго моря въ Атлантическій океанъ и не могутъ попадать ни въ среднюю часть полярнаго пространства, ни тѣмъ болѣе къ берегамъ Сибири, куда ихъ бы не допустили и малыя глубины материковой отмели, окаймляющей широкою полосою весь сѣверный берегъ Азіи. Ледяныя горы, вынесенныя теченіемъ въ Атлантическій океанъ, тамъ постепенно растаиваютъ.

Въ южномъ полушаріи ледяныя горы достигаютъ еще болѣе значительныхъ размѣровъ, нежели въ сѣверномъ, вслѣдствіе болѣе сильнаго оледенѣнія Антарктическаго материка. Различія въ характерѣ ледянаго покрова въ разныхъ частяхъ Южно-полярнаго материка обусловливаетъ два разныхъ вида ледяныхъ горъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Южно-полярнаго материка, напримѣръ, по берегамъ Земли Граама (къ югу отъ мыса Горна), по берегамъ Земли Викторія (къ югу отъ Новой Зеландіи) и въ другихъ мѣстахъ, имѣющихъ горный характеръ, съ глубокими долинами, спускающимися къ водѣ, существуютъ ледники обыкновеннаго типа, но большой мощности; они даютъ начало ледянымъ горамъ, по виду подобныхъ Гренландскимъ горамъ.

Въ другихъ мѣстахъ Антарктическаго материка побережье его отличается, повидимому, равниннымъ характеромъ на значительномъ протяженіи и внутрь страны и вдоль берега. Въ такихъ мѣстахъ (на берегу Атл. ок. въ морѣ Уедделя, берега Земли Коатса и Вильгельма II; берега къ западу отъ Земли Александра I въ Тихомъ ок., и наконецъ береговъ между Землею Викторіи и Землею Эдуарда VII, лежащею къ югу отъ Новой Зеландіи) къ берегу океана спускается, съ почти совершенно ровною поверхностью, громадной мощности ледникъ, образующій въ морѣ своимъ нижнимъ концомъ «Великій барьеръ», какъ его назвалъ Джемсъ Кларкъ Россъ, открывшій его въ 1840 г. «Великій барьеръ» тянется почти по параллели на разстояніи 750 кил. Въ 1902 г. онъ былъ тщательно обслѣдованъ антарктической англійской экспедиціей Р. Ф. Скотта (1901—1904 гг.) и снятъ на карту. На всемъ протяженіи «Великаго барьера» высота его мѣняется довольно значительно (отъ 15—20 ф. до 240 ф.=4,5 м. до 73 м.), но на большей части своего протяженія



Фиг. 80. „Ледяной барьеръ" Д. К. Росса между Землею Виктории и Землею Эдуарда VII.

онъ имѣетъ высоту около 30—40 м. Среднее же углубленіе его около 180 — 200 м. Ледникъ, образующій «Великій барьеръ», простирается во внутрь страны по крайней мѣрѣ на 550 кил. Край «Великаго барьера» изображенъ на фиг. 80 по фотографіи, снятой экспедиціей Скотта; на ней хорошо виденъ общій характеръ барьера. Глубины моря около самаго края ледника, по измѣренію Скотта, держатся около 500—700 м. (300—400 м. с.).

Совершенно понятно, что обломки подобнаго ледника должны быть громадны по своимъ размѣрамъ и столообразной формы, потому что они образуются изъ совершенно почти ровнаго пласта льда. Столообразныя ледяныя горы представляютъ особенность южныхъ полярныхъ странъ, понятіе о нихъ даетъ видъ ледяной горы (фиг. 81) по фотографіи экспедиціи на *Valdivia*, встрѣченной ею въ полярной

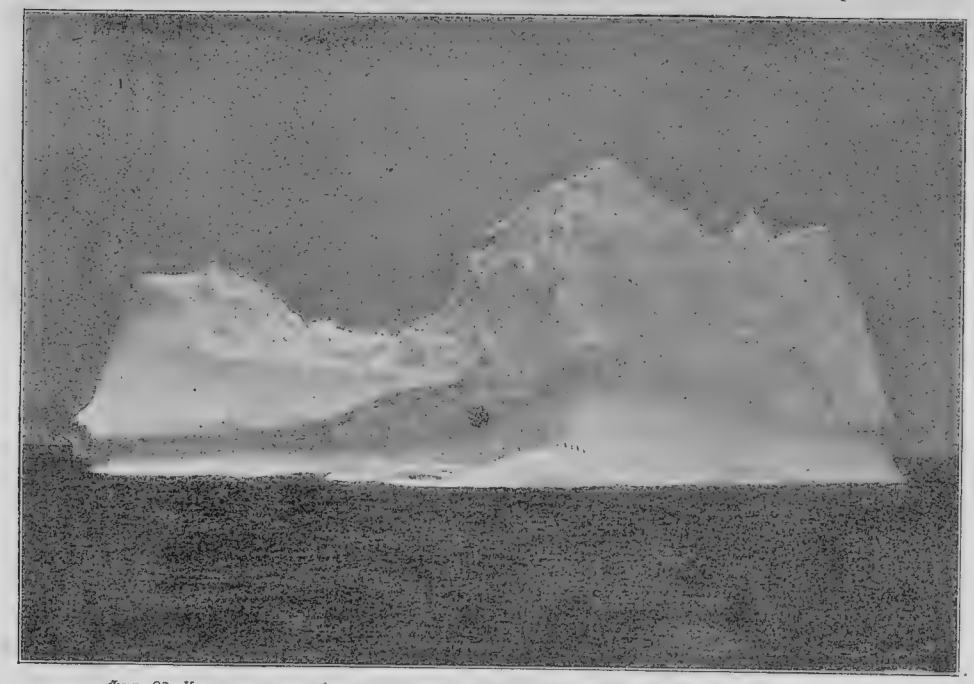
Фиг. 81. Столообразная ледяная гора, встрѣчена въ южной части Индійскаго ок.

части Индійскаго океана, къ сѣверу отъ берега Антарктическаго материка, называемаго Землею Эндерби (въ 61°40′ ю. ш. и 61°30′ в. д., 19-го Декабря 1898 г.). Ледяная гора имѣла очень правильную форму, она возвышалась надъ уровнемъ моря на 40 м. и имѣла въ длину 140 м. Съ лѣвой стороны на фотографіи виденъ взбросъ воды отъ прибоя. Такія ледяныя горы встрѣчаются иногда огромныхъ размѣровъ, почему и продолжительность ихъ существованія велика, случается, проходитъ два года, пока онѣ успѣютъ растаять. За это время теченіями ихъ успѣваетъ занести въ болѣе низкія широты южнаго полушарія, нежели Гренландскія горы въ сѣверномъ полушаріи.

Какихъ размѣровъ встрѣчаются эти столообразныя ледяныя горы, видно по слѣдующимъ примѣрамъ. Въ 1854 г. въ Атлантич. ок. въ Декабрѣ была встрѣчена ледяная гора (44° ю. ш. и 28° з. д.) размѣрами отъ 60 до 40 мор. м. и высотою 90 м., объемъ ея приблизительно былъ 500 куб. кпл.; эту гору встрѣчали многія суда (21) до Апрѣля 1855 г. (40° ю. ш. — 20° з. д.). Въ 1865 г. видѣли столообразную гору (45°30′ ю. ш.—37°40′ з. д.) длиною около 25 м. и очень широкую. Въ 1893 г., когда горъ было много, въ Мартѣ (51° с. ш.—50° з. д.) видѣли гору въ 82 м. длиною.

Горы въ 300 м. высотою не рѣдки, съ 1884 г. замѣчено такихъ 24, одна въ 1884 г. (44° ю. ш. — 40° з. д.) имѣла 518 м. высоты. Обыкновенные же размѣры ихъ нѣсколько сотъ метровъ въ длину и ширину, при 1:5 — 1:6 надъ водою.

По мѣрѣ своего существованія ледяныя горы южнаго полушарія также сильно разрушаются, главнымъ образомъ подъ вліяніемъ свѣжихъ С З. вѣтровъ, господствующихъ въ этихъ широтахъ. Навѣтренная сторона горы всегда болѣе разрушена, и часто подъ вліяніемъ разрушенія гора теряетъ свою столообразную форму и принимаетъ видъ, изображенный на фотографіи (фиг. 82). Эта ледяная гора была встрѣчена на



Фиг. 82. Ледяная столообразная гора, значительно обтаявшая. На ней внизу пингвины.

Valdivia 4-го Декабря 1898 г. въ южномъ Индійскомъ океанѣ (55°24′ ю. ш.—19°36′ в. д.) и, какъ видно, совершенно ничего не имѣетъ общаго со столообразной формой, изъ которой она произошла.

Географическое распредѣленіе плавучихъ льдовъ.—Географическое распредѣленіе полярныхъ льдовъ совершенно различно для ледяныхъ полей и ледяныхъ горъ. Первыя, вслѣдствіе своей меньшей массы, скорѣе успѣваютъ растаять и потому въ своемъ движеніи къ экватору не достигаютъ такихъ низкихъ широтъ, какъ ледяныя горы.

Выносъ ледяныхъ горъ въ болѣе низкія широты обусловленъ холодными теченіями, направляющимися изъ полярныхъ странъ въ умѣренныя широты океановъ, а на движеніе ледяныхъ полей большое вліяніе имѣютъ и вѣтры. Съ другой стороны, на положеніе границы полярныхъ льдовъ имѣютъ также вліяніе вѣтви теплыхъ теченій, проникающія иногда далеко въ полярную область (Гольфстримъ). Вотъ почему границы распространенія полярныхъ льдовъ въ океанахъ и назначаютъ всегда на картѣ океаническихъ теченій (см. далѣе карту теченій). Распредѣленіе суши и воды въ полярныхъ и въ приполярныхъ широтахъ имѣетъ также большое значеніе въ этомъ вопросѣ.

Въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ ледяныя поля, какъ выше было объяснено, двигаются черезъ полюсъ къ Гренландіи и, уносимыя Восточно-Гренландскимъ теченіемъ, уходятъ къ югу, въ Атлантическій океанъ. Такимъ же образомъ уносятся къ югу льды изъ Баффинова моря Лабрадорскимъ теченіемъ, а ледяныя поля, встрѣчающіяся къ востоку отъ Шпицбергена, другими, менѣе сильными полярными теченіями переносятся въ южную часть Баренцова моря. Теплыя воды вѣтвей Гольфстрима, огибающія сѣв.-зап. Европу, препятствуютъ образованію льдовъ вокругъ всего омываемаго ими этого побережья и способствуютъ таянію надвигающихся съ сѣвера и сѣверо-востока полярныхъ льдовъ. Всѣ высказанныя причины вмѣстѣ и обусловливаютъ положеніе средней границы распространенія льдовъ въ сѣверномъ Атлантическомъ океанѣ.

Начиная отъ середины Мурманскаго берега средняя граница плавучихъ *льдовъ*, въ концѣ зимы (Мартъ, Апрѣль), идетъ сперва къ сѣверу, а потомъ, на значительномъ разстояніи отъ берега, на западъ къ Медвѣжьему о-ву, откуда поднимается на сѣверъ вдоль западнаго берега Шпицбергена. Здѣсь нерѣдко до 76° — 78° с. ш. встрѣчается узкая полоса открытой воды, вдоль же берега стоитъ ледяной припай. Отсюда граница льдовъ идетъ круто на югъ къ Исландіи, сѣверные берега которой бываютъ большею частью открыты. Отъ Исландіи граница льдовъ идетъ на западъ и, обогнувъ оконечность Гренландіи, вскорѣ круто спускается по меридіану къ Нью-Фаундленду, гдѣ зимою, случалось, суда встрѣчали обширныя ледяныя поля. Такъ, въ 1890 г. пароходъ *Texas* въ 44° с. ш. и 49°25′ з. д. 12-го Февр. встрѣтилъ поле около 50 миль длиною; 17-го Февр. парусникъ *Meteor* 9 дней былъ затертъ льдами; 22-го Февр. пароходъ *Conscript* пробивался черезъ скопленіе ледяныхъ полей до 100 миль шириною.

Въ Тихомъ океанѣ къ концу зимы льдомъ покрыты бываютъ вся

сѣверная часть Берингова моря и побережье Камчатки. Въ Охотскомъ морѣ къ концу зимы покрыта льдомъ вся сѣверная и сѣверо-восточная часть его до Сахалина и его восточный берегъ до залива Анива. Татарскій проливъ замерзаетъ до параллели Дуэ.

Въ *южномъ полушаріи* ледяныя поля доходятъ въ нѣкоторые годы въ проливѣ Дрэка (къ югу отъ м. Горна) до 57° ю. ш., а въ области о-ва Бувэ (къ юго-западу отъ м. Доброй Надежды) даже и до 53° ю. ш.

Границы распредѣленія *ледяныхъ горъ*, по указаннымъ причинамъ, иныя, онѣ подходятъ гораздо ближе къ экватору въ обоихъ полушаріяхъ.

Въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ около береговъ Сѣверной Америки, начиная отъ Сѣверо-американскаго архипелага и далѣе на западъ, вдоль Сибири, у береговъ не встрѣчается вовсе ледяныхъ горъ, главнымъ образомъ, вслѣдствіе малой приглубости всей этой полосы моря, а затѣмъ и вслѣдствіе постояннаго дрейфа льдовъ отъ береговъ Сибири и Сѣверной Америки черезъ полюсъ къ Гренландіи и Шпицбергену. Наконецъ еще и потому, что на берегахъ Сибири и на сѣверныхъ берегахъ Аляски совершенно нѣтъ ледниковъ. Ледники, найденные на островахъ Беннета и Генерала Вилькицкаго, совершенно незначительны; ледники же, видѣнные Гидрографической Экспедиціей Морского Министерства въ 1913 г. на Землѣ Императора Николая II, тоже не велики и по причинѣ отмелости береговъ Сибири къ нимъ не подходятъ. Ледяныя горы начинаютъ попадаться у сѣверо-восточной части Новой Земли, у архипелага Франца-Іосифа и у Шпицбергена. Около послѣдняго онѣ достигаютъ уже замѣтныхъ размѣровъ потому, что ледники его довольно значительны. Ледяныя горы въ изобиліи и большихъ размѣровъ встрѣчаются у всѣхъ береговъ Гренландіи, и отсюда иногда онѣ заходили даже до Фарёрскихъ о-въ; былъ случай, что встрѣтили гору въ 500 миляхъ къ западу отъ Ирландіи.

Средняя граница *ледяныхъ горъ* (см. карту теченій) идетъ параллельно берегу Гренландіи, до Исландіи, потомъ круто поворачиваетъ на югъ и идетъ между меридіанами 30°—40° з. д. до 40° параллели, гдѣ снова круто поворачиваетъ вдоль этой параллели къ берегу Сѣв. Америки у пол-ва Новая Шотландія. Въ этой части океана, около Ньюфаундлендской банки, и именно около юго-восточной и южной ея окраины, бываютъ огромныя скопленія ледяныхъ горъ въ нѣкоторые годы (обыкновенно проходитъ годъ времени, пока ледяныя горы успѣютъ отъ мѣста своего образованія — береговъ Гренландіи добраться до Нью-

Фаундленда). Напримѣръ, въ 1882 г. въ Маѣ, ледяныя горы изобиловали по окраинѣ Ньюфаундлендской банки, и пароходы, шедшіе въ Нью-Іоркъ, за сутки встрѣчали тутъ до 350 ледяныхъ горъ разныхъ величинъ. Бывало, что ледяныя горы доходили до 36° 10′ с. ш. и 39° з. д., т.-е. на 650 морскихъ миль къ юго-западу отъ Ньюфаундлендской банки.

Въ Тихомъ океанѣ въ сѣверномъ полушаріи ледяныхъ горъ нѣтъ.

Въ южномъ полушаріи ледяныя горы, какъ выше было объяснено, часто бываютъ особенной столообразной формы и весьма значительныхъ размѣровъ, что, при широкомъ свободномъ сообщеніи океановъ съ полярною областью и болѣе низкой температурѣ южнаго полушарія, позволяетъ имъ продвигаться иногда весьма значительно къ экватору.

Наиболѣе сѣверное положеніе средняя граница ледяныхъ горъ имѣетъ въ южномъ Атлантическомъ ок. (см. карту теченій, пред. гран. льдовъ), гдѣ она переходитъ 40° ю. ш. и около Игольнаго мыса достигаетъ даже до 36° ю. ш. Въ Индійскомъ ок. граница ледяныхъ горъ спускается до 40°—45° ю. ш., а къ югу отъ Новой Зеландіи и до 50°—55° ю. ш., пройдя которую, она далѣе, къ востоку, въ Тихомъ ок. идетъ между 40° и 50° ближе къ 50° и наконецъ отходитъ къ югу, очень близко огибая м. Горнъ. Ледяныя горы встрѣчаются чаще лѣтомъ, рѣже зимою въ южн. пол. Особенно много ихъ бываетъ къ СВ отъ м. Горна и въ Тихомъ ок. между меридіанами 90° и 150° з. д.; затѣмъ къ Индійскомъ ок. ледяныя горы чаще встрѣчаются къ востоку отъ о-ва Кергеленъ, нежели къ западу отъ него.

Случалось, что въ Атлантическомъ океанѣ наблюдали ледяныя горы въ 36° и 35°50′ ю. ш., около м. Доброй Надежды. Въ 1893 г. было особенно большое число ихъ въ области Фалкландскихъ о-въ, гдѣ онѣ располагаются полосою вдоль линіи 200 м. глубины съ юга на сѣверъ (вдоль теченія мыса Горна), за сутки плаванія на протяженіи 90 м. миль число ихъ было около 300 и всѣ большого размѣра. Въ 1906 г. наблюдалось въ томъ же мѣстѣ подобное же скопленіе ледяныхъ горъ, и одна изъ ледяныхъ горъ дошла до устья р. Лаплаты (38° ю. ш.). Въ 1894 г. судно *Dochra* встрѣтило кусокъ льда въ 26° ю. ш.—26° з. д.

Вообще обиліе плавучихъ льдовъ и ледяныхъ горъ изъ года въ годъ бываетъ различно. Иные годы бываютъ особенно богаты льдами, иные менѣе изобилуютъ ими въ зависимости отъ благопріятныхъ или неблагопріятныхъ условій въ мѣстахъ ихъ образованія для ихъ дальнѣйшаго движенія. Напр., въ Индійскомъ ок. въ 1906 г. было замѣчено 305 горъ, а въ 1905 г. всего 12, а въ 1907 г.—36; въ 1885 г.—1.

Условія полярныхъ плаваній и путешествій по полярнымъ льдамъ.—Плаванія среди полярныхъ льдовъ на парусныхъ судахъ и на паровыхъ совершенно различны по своему характеру. Только познакомившись съ описаніями полярныхъ плаваній XVIII и первой половины XIX столѣтій, можно понять тѣ трудности, какія приходилось преодолѣвать полярнымъ мореплавателямъ въ началѣ изученія полярныхъ областей, и оцѣнить ихъ энергію и настойчивость, результатами которыхъ было расширеніе нашихъ свѣдѣній относительно очертаній полярныхъ земель, ихъ строенія и физико-географическихъ условій всего полярнаго міра. Послѣднее не только обогатило наши знанія о полярныхъ странахъ, но и познакомило людей съ такими явленіями, пониманіе которыхъ, въ свою очередь, позволило оцѣнить и постигнуть цѣлый рядъ другихъ физико-географическихъ обстоятельствъ (слѣды ледниковой эпохи), послѣдствія коихъ наблюдаются во многихъ мѣстахъ на поверхности земного шара тамъ, гдѣ въ настоящее время никакихъ льдовъ не имѣется и физико-географическія условія совершенно иныя. Потому, безъ знакомства и изученія условій полярной области, мы не могли бы понять и объяснить многое, наблюдаемое теперь въ умѣренныхъ поясахъ земного шара.

Со времени перваго путешествія европейцевъ въ полярныя страны, подъ начальствомъ С. Кабота (полярный мореплаватель венеціанскаго происхожденія, натурализовавшійся въ Англіи) въ 1498 г., когда онъ открылъ входъ въ Гудзоновъ заливъ, прошло 400 лѣтъ, и въ теченіе болѣе чѣмъ трехъ четвертей этого времени существовалъ только парусный флотъ, которымъ и приходилось пользоваться полярнымъ мореплавателямъ. Рядъ удачныхъ и неудачныхъ плаваній ихъ въ сѣверную полярную область постепенно, хотя и очень медленно, накопилъ опытъ и ознакомилъ людей съ условіями полярныхъ путешествій.

Самое опасное для цѣлости судна въ полярныхъ моряхъ есть давленіе льдовъ; большое число раздавленныхъ льдами судовъ наглядно подтверждаетъ этотъ выводъ, а такъ какъ въ открытомъ морѣ въ полярныхъ пространствахъ судну не избѣжать подобнаго давленія льдовъ, то главный выводъ изъ опыта полярныхъ мореплавателей заключался въ слѣдующемъ правилѣ—всегда итти, придерживаясь берега полярныхъ земель. Малыя прибрежныя глубины не позволяли мощнымъ, глубокосидящимъ льдамъ подходить къ самому берегу, вдоль котораго часто оставался узкій каналъ достаточной глубины для плаванія небольшихъ

деревянныхъ и не глубоко сидящихъ парусныхъ судовъ. По такимъ-то каналамъ не только плавали, но и лавировали подъ парусами. Послѣднему способствовали небольшіе размѣры судовъ и умѣнье управляться на нихъ; удивительными примѣрами подобнаго управленія богата исторія памятныхъ плаваній, давшихъ англійскому военному флоту столь много опытныхъ и смѣлыхъ моряковъ, развившихъ въ молодости свой морской глазомѣръ, увѣренность и быстроту рѣшимости участіемъ въ многочисленныхъ полярныхъ плаваніяхъ, предпринимавшихся англичанами.

Незнаніе условій полярной жизни и гигіены также дорого стоили людямъ, и, пока накопился по этому предмету достаточный опытъ, прошло много времени. За этотъ промежутокъ времени люди успѣли продвинуться до крайнихъ предѣловъ полярныхъ земель, лежащихъ вокругъ Сѣвернаго Полярнаго пространства, и намѣтить въ нѣсколькихъ мѣстахъ берега Антарктическаго материка.

Къ концу XIX ст. полярныя изслѣдователи оказались передъ обширнымъ пространствомъ Сѣвернаго Полярнаго моря, заполненнымъ по своимъ окраинамъ льдами очень тяжелаго характера, съ массою нагроможденій въ видѣ торосовъ. Отсутствіе береговъ дальше къ сѣверу лишало возможности примѣнять вышеуказанный старый, испытанный пріемъ плаваній, а попытки отважиться войти съ кораблемъ въ ледяной пакъ оканчивались крушеніями судовъ (напр., *Jannette* въ 1879 г.). Попытки продвинуться къ сѣверу по льду пѣшкомъ также не были успѣшны, и такимъ образомъ далѣе 83° с. ш. съ небольшимъ, т.-е. окраины сѣверныхъ полярныхъ земель (Маркгамъ въ 1876 г. къ сѣверу отъ Земли Гранта; Локвудъ въ 1882 г. къ сѣверу отъ Гренландіи), не удавалось проникнуть въ полярное пространство, которое, казалось, и навсегда должно было сохранить свою непзвѣстность.

Было ясно, что прежніе пріемы полярныхъ изслѣдованій не могли дать ничего болѣе, и необходимо было найти новые способы, что̀ и было выполнено Ф. Нансеномъ. Его главная заслуга и заключается именно въ томъ, что, внимательно изучивъ всю совокупность данныхъ о полярныхъ странахъ, онъ сумѣлъ сдѣлать изъ нихъ новый выводъ, на который, между прочимъ, его навела находка у западныхъ береговъ Гренландіи предметовъ, оставленныхъ на льдахъ экспедиціей *Jannett*'ы къ сѣверо-востоку отъ Ново-Сибирскихъ о-въ. Предметы эти, очевидно, были принесены къ Гренландіи льдами. Внимательный разборъ различныхъ другихъ подобныхъ случаевъ переноса предметовъ изъ американской

половины Сѣвернаго Полярнаго моря къ Гренландіи позволилъ Нансену убѣдиться, что въ Полярномъ морѣ несомнѣнно существуетъ постоянное движеніе льдовъ, идущее отъ Берингова пролива къ Атлантич. ок. Оставалось воспользоваться этимъ движеніемъ льдовъ и вмѣстѣ съ ними проникнуть въ неизвѣстную центральную область Полярнаго моря. Но для выполненія подобнаго плана нужно было имѣть и особое судно, которое бы выдерживало громадное давленіе льдовъ въ открытомъ морѣ. Нансенъ обошелъ и это препятствіе, предложивъ придать подводной части судна такіе обводы, чтобы оно подъ напоромъ льдовъ поднималось ими же вверхъ, а не сдавливалось. Подобное судно *(Fram)* было построено; трехлѣтній дрейфъ его со льдами черезъ Полярное море и благополучное прибытіе къ Шпицбергену доказали справедливость разсужденій Нансена, а удивительно богатый матеріалъ, собранный экспедиціей въ совершенно новыхъ условіяхъ, и его высокая научная обработка справедливо стяжали Нансену заслуженную научную извѣстность.

Плаваніе Нансена однако не рѣшило вполнѣ вопроса о состояніи центральной части Сѣвернаго Полярнаго моря. Основываясь на данныхъ, собранныхъ Нансеномъ, можно было предполагать, что тамъ, кромѣ плавающихъ льдовъ, ничего нѣтъ, но это было только предположеніе. Попытки продвинуться къ полюсу пѣшкомъ по льду, какъ самого Нансена, такъ потомъ и Каньи (экспед. герцога Абруцскаго въ 1900—1901 гг. на Землю Франца-Іосифа) и первыя попытки Пири окончательнаго успѣха не имѣли; всѣ они достигали до 85°—87° с. ш. не больше и дальше не могли пройти. Описаніе характера поверхности ледяныхъ полей, приведенное выше (стр. 187), дѣлаетъ вполнѣ понятнымъ, что передвиженіе по нимъ на саняхъ есть непрерывная борьба съ препятствіями, при чемъ приходится не только перебираться самимъ черезъ гряды торосовъ, но и перетаскивать тяжело нагруженныя запасами сани, потому что постоянное движеніе льдовъ въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ не позволяетъ устраивать на нихъ склады запасовъ по пути слѣдованія, съ тѣмъ, чтобы ими пользоваться при обратномъ движеніи. Приходится запасы на все санное путешествіе туда и обратно везти съ собою.

Съ другой стороны, и промежутокъ времени для такихъ санныхъ экспедицій ограниченъ. Темнота полярной ночи, освѣщаемой только отблескомъ снѣга да иногда луною, не позволяетъ выбирать путь среди нагроможденій торосовъ. Поэтому санныя поѣздки по льдамъ можно предпринимать, только начиная съ конца Февраля мѣсяца, когда появляется

заря. Начинающееся же въ Іюнѣ таяніе снѣговъ на ледяныхъ поляхъ обращаетъ ихъ поверхность въ совершенно непроходимое снѣговое болото. Такимъ образомъ для саннаго передвиженія по льдамъ остается всего не болѣе 100 дней времени, въ теченіе коего необходимо дойти до наибольшей широты и вернуться обратно. Въ этомъ и заключается одна изъ главныхъ трудностей достиженія по льдамъ высокихъ широтъ въ Сѣверномъ Полярномъ пространствѣ. При такого рода предпріятіяхъ главное значеніе имѣетъ опытъ, т.-е. качество, пріобрѣтаемое только долгою практикою и не могущее быть замѣненнымъ никакимъ теоретическимъ изученіемъ вопроса. Затѣмъ, конечно, для укорачиванія пути необходимо свою базу возможно далѣе выдвинуть къ сѣверу, т.-е. устроить ее на окраинахъ наиболѣе выдающейся къ полюсу земли.

Такъ и поступалъ Пири, начинавшій свои поѣздки отъ сѣверныхъ береговъ Земли Гранта, лежащихъ за 82 °с. ш. Однако успѣхъ Пири въ 1909 г. (6-го Апрѣля онъ достигъ полюса) объясняется не только однимъ этимъ обстоятельствомъ, а главнымъ образомъ его огромнымъ опытомъ санныхъ поѣздокъ по льдамъ и знакомствомъ съ мѣстными полярными условіями. Пири провелъ въ общей сложности 24 года въ полярныхъ странахъ, совершенно освоился съ жизнью эскимосовъ и ихъ пріемами передвиженій и только благодаря этому и смогъ достигнуть полюса, и то однако послѣ многихъ попытокъ.

Путешествіе Пири окончательно подтвердило, что середина Сѣвернаго Полярнаго пространства занята моремъ, и притомъ очень глубокимъ, и косвенно показала, что поблизости нигдѣ нѣтъ большихъ земель, такъ какъ, по мѣрѣ приближенія къ полюсу, ледяныя поля становились все ровнѣе и менѣе торосисты, откуда слѣдуетъ, что движеніе льдовъ въ центральной части Полярнаго моря не стѣсняется никакими берегами.

Антарктическія путешествія по Южно-полярному материку находятся въ совершенно иныхъ условіяхъ. Наиболѣе вдавшіяся къ югу части берега этого материка лежатъ въ Атлантическомъ океанѣ (около 30° з. д.) и въ Тихомъ океанѣ къ югу отъ Новой Зеландіи (около 170° в. д. и 78° ю. ш.); слѣдовательно, въ южномъ полушаріи отправная точка лежитъ на 4° дальше отъ полюса, нежели въ сѣверномъ полушаріи (82°); зато тамъ итти приходится по твердой землѣ или по леднику, а не по ледянымъ полямъ, находящимся въ непрерывномъ движеніи. Неподвижность поверхности, по которой двигаются, позволяетъ устроить по пути движенія рядъ складовъ и тѣмъ облегчить отрядъ, идущій къ полюсу.

Кромѣ большей длины пути, въ южномъ полушаріи приходится преодолѣвать еще и другія трудности, а именно, подъемъ съ поверхности ледника (того ледника, который своею окраиною образуетъ ледяной барьеръ Росса, см. стр. 199) на высокое плоскогоріе внутренней части Антарктическаго материка (около 2.500—3.000 м. высоты) и движеніе по плоскогорію, гдѣ господствуютъ сильные вѣтры.

Несмотря однако на всѣ эти трудности и лишенія, люди преодолѣли ихъ, въ началѣ XX ст. достигли до центральныхъ точекъ приполярныхъ пространствъ обоихъ полушарій, посѣтили оба магнитныхъ полюса (сѣверный вторично) и ознакомились съ ихъ физико-географическими условіями. (Амундсенъ достигъ южнаго полюса 14-го Дек. 1911 г., а Р. Ф. Скоттъ 18-го Янв. 1912 г.).

Эта побѣда всѣхъ препятствій въ изслѣдованіи полярныхъ странъ къ началу XX ст. есть результатъ изученія и опыта болѣе нежели 400-лѣтнихъ работъ. Послѣдующія предпріятія не только дополнятъ первыя, по необходимости бѣглыя работы, но, конечно, откроютъ еще цѣлый рядъ новыхъ и непредвидѣнныхъ данныхъ, которыя также послужатъ на пользу человѣчеству.

III.—Значеніе солености океановъ въ экономіи природы.— То обстоятельство, что воды океановъ обладаютъ нѣкоторою соленостью, имѣетъ громадное значеніе для природы земного шара.

Въ физико-географическомъ отношеніи соленость океаническихъ водъ содѣйствуетъ смягченію климата земного шара, потому что, препятствуя замерзанію морской воды, тѣмъ самымъ обусловливаетъ въ полярныхъ и приполярныхъ областяхъ болѣе продолжительное соприкосновеніе океаническихъ водъ съ атмосферою, а это въ свою очередь увеличиваетъ количество тепла, отдаваемаго водами воздуху.

Вмѣстѣ съ тѣмъ, вслѣдствіе меньшаго количества образовавшихся за зиму льдовъ, на ихъ таяніе лѣтомъ меньше затрачивается тепла, и потому тѣ области океановъ, гдѣ это происходитъ, больше нагрѣваются.

Соленость океановъ усиливаетъ вертикальную циркуляцію водъ въ нихъ (конвекцію), потому что плотность воды на поверхности океановъ увеличивается не только отъ пониженія ея температуры, но еще и отъ испаренія; въ прѣсной водѣ подобнаго явленія не можетъ быть. Замерзаніе соленой воды тоже способствуетъ возникновенію вертикальной циркуляціи, потому что поверхностная вода при замерзаніи получаетъ часть солей, не перешедшихъ въ ледъ, становится плотнѣе и опускается

внизъ, замѣщающіе же ее болѣе теплые, нижніе слои отдаютъ свое тепло воздуху.

Такимъ образомъ вертикальная циркуляція въ океанахъ захватываетъ, вслѣдствіе солености ихъ водъ, гораздо болѣе мощный слой; въ открытомъ океанѣ до 150 м., а въ умѣренныхъ широтахъ, особенно на ихъ полярныхъ окраинахъ, конвекція можетъ доходить и до 200—300 м. (100—165 м. с.). Слѣдовательно, при этомъ не только поверхностный слой воды отдаетъ свое тепло воздуху, а слой болѣе 150 м. мощностью, т.-е. воздухъ получаетъ отъ водъ *соленыхъ* океановъ гораздо больше тепла, нежели онъ имѣлъ бы отъ океановъ съ *прѣсною* или мало соленою водою.

Слѣдующій простой примѣръ еще нагляднѣе покажетъ важное значеніе умѣряющаго вліянія океана съ соленою водою на климатъ, особенно зимою, въ тѣхъ широтахъ, гдѣ въ это время года могъ бы уже образоваться ледъ, если бы вода въ океанѣ была прѣсная.

Теплоемкость соленой воды нѣсколько меньше, нежели прѣсной, а именно, при S=35‰ она около 0,93 (см. стр. 155), теплоемкость же воздуха 0,24. Если 1 куб. метръ морской воды охладится на 1°, то онъ нагрѣетъ отданнымъ тепломъ около 3.000 к. м. воздуха (точнѣе 3.134).

Все пространство Атлантическаго ок., лежащее къ сѣверу отъ линіи Исландія — Шотландія, т.-е. Сѣверно-Европейское м., въ Февралѣ мѣсяцѣ обладаетъ температурами выше 0° вдоль всей широкой полосы, прилегающей къ Европѣ. Если бы океанъ здѣсь былъ прѣсный, то онъ зимою замерзалъ бы; теперь же при солености 35‰ онъ остается открытымъ на значительномъ пространствѣ, приблизительно равномъ 700.000 кв. кил. Если сдѣлать вполнѣ возможное допущеніе, что слой воды въ 200 м. толщиною на всемъ этомъ пространствѣ охладится за зиму на 1°, отдавъ свое тепло воздуху надъ нимъ, то это тепло нагрѣетъ на 10° слой воздуха въ 4.000 м. толщиною на площади равной Европѣ. Вотъ какое громадное умѣряющее вліяніе имѣетъ океанъ на климатъ сосѣднихъ странъ, но только при условіи отсутствія на немъ ледяного покрова.

Въ Сѣверномъ Полярномъ пространствѣ даже и при наличіи ледяного покрова все-таки океанъ умѣряетъ температуры зимъ. Наблюденія Нансена на *Фрамѣ* показали, что, посреди льдовъ Сѣвернаго Полярнаго м., температуры воздуха не доходятъ до такихъ низкихъ величинъ, какія встрѣчаются гораздо южнѣе, напримѣръ, въ сѣверо-восточной Сибири.

Въ свою очередь, увеличеніе вертикальной циркуляціи въ океанахъ способствуетъ лучшему провѣтриванію глубинъ, куда доставляется большее количество кислорода, поглощеннаго поверхностною водою изъ атмосферы.

Въ біологическомъ отношеніи соленость океаническихъ водъ имѣетъ очень большое значеніе, обусловливая несравненно большее разнообразіе животныхъ и растительныхъ формъ и способствуя ихъ развитію и росту. Обширныя и распространенныя коралловыя постройки, дающія настолько значительныя отложенія коралловыхъ известняковъ, что мѣстами изъ нихъ образовались цѣлыя части суши (напр., полуостровъ Флорида), могли возникнуть только въ водахъ, богатыхъ солями разнаго рода, изъ коихъ эти животныя извлекаютъ матеріалъ для своихъ построекъ.

Обширныя и мощныя залежи осадочныхъ породъ, иногда почти сплошь состоящія изъ отложеній остатковъ морскихъ организмовъ, могли образоваться только въ океанѣ съ солеными водами, позволяющими организмамъ широко черпать нужные имъ матеріалы для образованія своихъ раковинъ, скелетовъ, панцырей и покрововъ изъ разнообразнаго состава солей, растворенныхъ въ морскихъ водахъ, въ которыхъ кромѣ того вслѣдствіе той же солености чрезвычайно развита растительная жизнь въ видѣ водорослей, служащихъ пищею для животныхъ; послѣднія сами не могли бы извлекать себѣ пищу изъ морской воды непосредственно. Отложенія, образовавшіяся изъ скопленій организмовъ болѣе или менѣе опрѣсненныхъ водъ или совершенно прѣсныхъ, никогда не достигаютъ мощности морскихъ отложеній.

Вообще богатство и разнообразіе растительной и животной жизни въ соленыхъ водахъ океана несравненно больше, нежели въ распрѣсненныхъ водахъ морей. Многіе организмы совершенно не могутъ существовать въ мало соленыхъ бассейнахъ, а другіе уменьшаются въ своихъ размѣрахъ. Такъ, напр., въ Балтійскомъ м. встрѣчается только около тридцати видовъ животныхъ изъ большого числа обитающихъ въ Нѣмецкомъ м., да и тѣ попадаются только въ южной части Балтійскаго моря. Въ средней части моря встрѣчается уже всего нѣсколько видовъ морской фауны, а въ заливахъ живутъ только прѣсноводныя животныя.

Ко всему сказанному о населеніи океановъ остается еще добавить слѣдующее: люди, привыкшіе жить на сушѣ и наблюдать все громадное разнообразіе животной жизни вокругъ себя, невольно начинаютъ заблуждаться и думать, что наземная фауна гораздо разнообразнѣе и богаче океанической. Но, если подсчитать число родовъ животныхъ, извѣстныхъ теперь въ зоологіи, и исключить изъ ихъ числа наземныхъ животныхъ и обитателей только прѣсныхъ водъ, то общее число оставшихся родовъ будетъ уменьшено только всего на $2^0/_0 — 3^0/_0$ отъ общаго числа родовъ животныхъ. Вотъ какое огромное разнообразіе представляетъ океаническая фауна.

Богатство растительной и животной жизни въ океанахъ, обусловленное ихъ соленостью, доставляетъ человѣку обильные морскіе промыслы. Морскіе водоросли даютъ іодъ, извлекаемый ими изъ морской воды (въ опрѣсненныхъ моряхъ такихъ богатыхъ іодомъ водорослей нѣтъ); выпариваніемъ изъ морской воды добываютъ соль; по берегамъ океановъ и морей съ достаточно соленою водою разводятъ устричные парки (въ Балтійскомъ морѣ, напримѣръ, устрицы водиться не могутъ); тутъ же

на отмеляхъ ловятъ омаровъ, лангустъ, крабовъ и т. п. морскихъ животныхъ; и наконецъ морскіе промыслы въ открытомъ морѣ и въ океанѣ на материковой отмели снабжаютъ людей богатымъ запасомъ пищи въ видѣ рыбы и разными другими продуктами, какъ, напримѣръ, кожами тюленей, моржей, акулъ, жиромъ ихъ и китовъ, китовымъ усомъ и др. произведеніями морскихъ промысловъ. Изъ отбросовъ добычи промысловъ приготовляются удобрительные туки для земледѣлія, и такимъ образомъ все, что человѣкъ сумѣлъ промыслить въ морѣ, идетъ ему на пользу, богатство же и разнообразіе добычи обусловлены богатствомъ веществъ, содержащихся въ водахъ океана въ растворѣ.

Такимъ образомъ соленость океановъ имѣетъ большое значеніе для населенія земного шара, не только косвеннымъ образомъ, вліяя на климатъ земли, но и непосредственно, въ экономическомъ отношеніи.

ГЛАВА VII.

Прозрачность, цвѣтъ и сверканіе морской воды. Распространеніе звука.

I.—Прозрачность.—Проникновеніе свѣта въ воду.—Прозрачность морской воды.—Способы наблюденія прозрачности воды.—Результаты наблюденій и предѣлъ вертикальнаго проникновенія свѣта въ океанахъ.
II.—Цвѣтъ воды.—Способы наблюденія цвѣта воды.—Собственный цвѣтъ воды.—Зависимость цвѣта воды отъ находящихся въ ней взвѣшенныхъ частичекъ.—Цвѣтъ воды океановъ, морей и озеръ.—Распредѣленіе цвѣта воды въ океанѣ и въ моряхъ.
III.—Сверканіе въ морской водѣ и причина его.
IV.—Распространеніе въ водѣ звуковыхъ волнъ.

I.—Прозрачность.—Проникновеніе свѣта въ воду.—При проникновеніи лучей изъ воздуха (коэффиціентъ преломленія коего почти 1) въ воду всегда происходитъ отраженіе нѣкоторой части лучей, тѣмъ большее, чѣмъ уголъ паденія тупѣе, а остальные лучи, переходя изъ средины менѣе плотной (воздуха) въ средину болѣе плотную (воду), преломляются, при чемъ въ водѣ лучи приближаются къ перпендикуляру паденія. Только при условіи нахожденія солнца въ зенитѣ, уголъ преломленія будетъ нуль, и всѣ лучи (кромѣ небольшой части отразившихся) проникнутъ въ воду. Когда солнце будетъ касаться своимъ дискомъ горизонта, почти всѣ его лучи будутъ отражаться поверхностью воды, и только очень небольшое ихъ количество будетъ проникать въ воду вслѣдствіе преломленія, образуя

съ перпендикуляромъ паденія уголъ около 49°. При другихъ высотахъ солнца надъ горизонтомъ между 0° и 90°, лучи его будутъ проникать въ воду въ бо̀льшихъ количествахъ и будутъ составлять съ поверхностью воды бо̀льшіе углы, т.-е. будутъ приближаться къ перпендикуляру паденія. Напримѣръ, при высотѣ солнца, равной 60° (лѣтомъ во многихъ мѣстахъ умѣреннаго пояса), лучи, преломляясь въ водѣ, составятъ съ перпендикуляромъ паденія уголъ уже въ 22°.

Отсюда видно, что степень освѣщенія слоевъ воды подъ поверхностью ея зависитъ отъ высоты солнца, и потому продолжительность дневного освѣщенія въ водѣ гораздо меньше промежутка времени между восходомъ и заходомъ солнца *).

Прозрачность морской воды. — Морская вода не представляетъ абсолютно прозрачной средины и при достаточной толщинѣ слоя совершенно не пропускаетъ лучей свѣта.

Изслѣдованія показали, что прозрачность морской воды имѣетъ избирательный характеръ, т.-е. морская вода различнымъ образомъ поглощаетъ простые лучи солнечнаго спектра. Прежде всего поглощаются лучи наименѣе преломляющіеся и въ то же время обладающіе наибольшею длиною волны, т.-е. ультра-красные; ихъ почти цѣликомъ поглощаетъ тонкій верхній слой воды. Изъ видимой части спектра наиболѣе всего поглощаются красные лучи и наименѣе всего—фіолетовые. За ними въ спектрѣ слѣдуютъ ультра-фіолѐтовые лучи, обладающіе большою преломляемостью и малою длиною волны, они поглощаются водою всего менѣе.

Способы наблюденія прозрачности воды. — Первыя попытки наблюдать прозрачность морской воды были сдѣланы членомъ Парижской Академіи Наукъ Бугеромъ во время его плаванія въ Южную Америку для участія въ градусномъ измѣреніи въ Перу (въ XVIII ст.). На основаніи произведенныхъ имъ опытовъ, Бугеръ пришелъ къ выводу, что на глубинѣ около 210 м. находится предѣлъ проникновенія свѣта въ воду.

Одинъ изъ первыхъ русскихъ кругосвѣтныхъ мореплавателей, кап. 2 р. О. Коцебу, во время своего плаванія на шлюпѣ *Рюрикъ* въ 1815—1818 гг., первый попробовалъ опускать въ воду диски, прикрѣ-

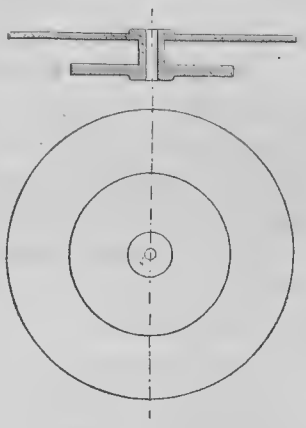
*) Опыты, произведенные на рейдѣ о-ва Мадеры въ Мартѣ 1889 г. Монакскимъ принцемъ Альбертомъ, показали, что на 20 м. глубины день былъ короче на 4 ч., на 30 м.—на 7 ч., а на 40 м.—почти на 10 ч.

пленные перпендикулярно къ линю, и притомъ не только бѣлые, но и красные. Глубина, на которой они пропадали для глаза, принималась за предѣлъ прозрачности.

Такіе же опыты были повторены командующимъ американскою научною экспедиціей въ южную полярную область Уильксомъ въ 1838—42 гг., при чемъ послѣдній отмѣчалъ глубину пропаданія диска и глубину его появленія при медленномъ выбираніи линя и изъ этихъ двухъ глубинъ бралъ среднюю.

Подобныя же наблюденія производились затѣмъ многими, но особенно обстоятельно патеромъ Секки въ 1865 г. въ Средиземномъ морѣ, и съ тѣхъ поръ простой приборъ, служащій для этихъ наблюденій и состоящій изъ диска въ 30 сант. въ діаметрѣ, называется *дискомъ Секки*.

Приборъ можетъ быть сдѣланъ на каждомъ кораблѣ и во всякой мастерской. Какъ видно на чертежѣ (фиг. 83), онъ состоитъ изъ диска, въ центрѣ котораго впаяна короткая трубка, а къ ея нижнему концу укрѣпленъ другой меньшій, обыкновенно свинцовый дискъ для увеличенія груза, чтобы приборъ лучше натягивалъ линь, на которомъ онъ подвѣшивается. Линь пропускаютъ сквозь трубку, а снизу на немъ дѣлаютъ кнопъ; на линѣ кладутъ марки черезъ опредѣленныя разстоянія (метры и дециметры; футы и т. п.). Дискъ окрашивается цинковыми бѣлилами, что̀ придаетъ ему чисто-бѣлый цвѣтъ. Можно сдѣлать и иначе; напр., черезъ 120° по окружности снабдить дискъ ушками и за нихъ взять три штерта одинаковой длины и, связавъ ихъ въ одинъ узелъ, прикрѣпить къ нему линь.



Фиг. 83. Дискъ Секки.

При наблюденіи дискъ опускаютъ съ тѣневой стороны корабля, чтобы отблескъ отъ воды не мѣшалъ наблюденію, и медленно травятъ линь, пока дискъ не перестанетъ быть виденъ. Давъ глазу отдохнуть нѣсколько минутъ, начинаютъ медленно выбирать линь и отмѣчаютъ глубину появленія диска, среднее изъ двухъ этихъ чиселъ и будетъ глубина прозрачности въ данномъ мѣстѣ.

Болѣе совершенные способы опредѣленія прозрачности позволяютъ находить предѣлъ проникновенія въ воду не только свѣтовыхъ

лучей, но и фіолетоваго и ультра-фіолетоваго конца спектра. Подобныхъ приборовъ имѣется нѣсколько, и у новѣйшихъ передъ фотографическими пластинками можно ставить свѣтофильтры, т.-е. плоскія стекла, окрашенныя въ какой-либо простой цвѣтъ (красный, синій и т. п.). Опустивъ такой приборъ на желаемую глубину, его открываютъ, посылая по линю грузъ; послѣ выставки пластинокъ въ теченіе нѣсколькихъ десятковъ минутъ (30—60 и больше), новый грузъ, посланный по линю, закрываетъ приборъ. Конечно, послѣдній такъ устроенъ, что вода не можетъ проникнуть къ пластинкамъ и ихъ испортить.

Для того, чтобы наблюденія прозрачности, помощью диска Секки или спеціальными приборами, были сравнимы, необходимо всегда наблюдать около полдня, т.-е. при наибольшей возможной высотѣ солнца, когда лучи его проникаютъ всего глубже въ воду, и время и продолжительность наблюденій должны быть отмѣчены.

Результаты наблюденій и предѣлъ вертикальнаго проникновенія свѣта въ океанахъ. — Наблюденія прозрачности помощью *диска Секки* показали, что глубина, на которой онъ пропадаетъ, зависитъ, кромѣ высоты солнца надъ горизонтомъ, еще отъ степени оптической пустоты воды.

Не только плавающія въ водѣ во взвѣшенномъ состояніи неорганическія частицы, но и живущія въ водахъ мельчайшіе организмы (такъ наз. пелагическій планктонъ) оказываютъ большое вліяніе на степень прозрачности воды.

Насколько можетъ быть велико вліяніе планктона на прозрачность воды, видно изъ слѣдующаго примѣра, заимствованнаго изъ наблюденій германской экспедиціи на *Valdivia* въ 1898—99 гг., произведенныхъ при помощи бѣлаго диска на 23-хъ станціяхъ въ открытомъ океанѣ. При этомъ одновременно наблюдалось и количество планктона на одинъ квадратный метръ поверхности.

Средняя прозрачность	Объемъ планктона.	Глубина прозрачности.
изъ 11-ти станцій, гдѣ планктона было мало	85, куб. сант.	26,1 метра.
изъ 12-ти станцій, гдѣ планктона было много	530 » »	16,0 »

Неорганическія частицы, плавающія въ водѣ, встрѣчаются главнымъ образомъ по окраинамъ океановъ; мельчайшіе же организмы (планктонъ) могутъ быть въ поверхностныхъ слояхъ океановъ на какомъ угодно удаленіи отъ береговъ.

Наибольшая наблюдавшаяся прозрачность была встрѣчена въ Атлантическомъ ок., въ Саргассовомъ морѣ, здѣсь дискъ Секки былъ

виденъ на глубинѣ 66,5 м. (36 м. с.); въ широтахъ болѣе сѣверныхъ, около 500 с. ш., дискъ былъ виденъ на 15—20 м. (8—11 м. с.). У береговъ Мурмана, раннею весною, наблюдалась прозрачность до 45 м. (25 м. с.). Въ Индійскомъ ок. въ полосѣ SE пассата дискъ былъ виденъ на глубинѣ 40—50 м. (22—27 м. с.); также и между о-ми Чагосъ и Занзибаромъ. Въ Тихомъ ок. въ NE пассатѣ прозрачность до 59 м. (32 м. с.), а въ полосѣ SE пассата—до 45 м. (25 м. с.) глубины.

Въ Средиземномъ морѣ наибольшая прозрачность наблюдалась въ Іоническомъ морѣ и у береговъ Сиріи, до 50—60 м. (27—33 м. с.). Въ Красномъ морѣ прозрачность въ среднемъ меньше, чѣмъ въ Средиземномъ, хотя разъ и наблюдали дискъ на 50 м. (27 м. с.). Въ Балтійскомъ морѣ, въ тихую погоду, въ южной части прозрачность доходила до 11—13 м. (6—7 м. с.), а послѣ свѣжихъ погодъ уменьшалась до 7—10 м. (4—5 м. с.). Въ Бѣломъ м. прозрачность воды не велика, въ Горлѣ около 6 м. (3 м. с.), въ средней части моря около 8 м. (4 м. с.).

Наблюденія надъ прозрачностью воды въ Атлантическомъ ок., въ 1910 г. въ экспедиціи сэра Дж. Мёррея, при помощи фотографическаго способа, показали, что на 1.000 м. (547 м. с.) солнечный свѣтъ еще замѣтенъ, а на 1.700 м. (930 м. с.) послѣ двухчасовой выставки пластинокъ вовсе не было замѣтно дѣйствія свѣта. Такимъ образомъ предѣлъ проникновенія солнечнаго свѣта въ глубины океана фотографическимъ способомъ опредѣляется между 1.000—1.700 м.

На этомъ основаніи можно высказать предположеніе, что на большія глубины въ нѣсколько тысячъ метровъ солнечный свѣтъ не проникаетъ, по крайней мѣрѣ въ размѣрахъ, доступныхъ нашимъ способамъ опредѣленій.

Съ другой стороны, существованіе у животныхъ, встрѣчающихся на большихъ глубинахъ, органовъ свѣченія, приводитъ также къ предположенію, что солнечный свѣтъ на соотвѣтствующихъ глубинахъ отсутствуетъ. Косвенно это подтверждается нахожденіемъ на большихъ глубинахъ животныхъ съ атрофированными глазами или совершенно безъ признаковъ органовъ зрѣнія.

II.—Цвѣтъ воды.—Способы наблюденія цвѣта воды.—Въ теченіе долгаго времени не было никакого прибора для наблюденія цвѣта воды; опредѣленія цвѣта на глазъ выраженіями—темно-синій, свѣтло-голубой, синевато-зеленый и т. п.—лишены всякой опредѣленности и находятся въ полной зависимости отъ физіологическихъ особенностей

каждаго наблюдателя и того, кто его наблюденіями будетъ пользоваться. Незначительные оттѣнки тѣхъ же цвѣтовъ нерѣдко представляются весьма различно глазамъ разныхъ лицъ, и потому подобныя наблюденія не могли быть сравниваемы, и ихъ нельзя было обрабатывать; для этого необходимо, чтобы результаты наблюденій были выражены числами, тогда и самое наблюденіе принимаетъ научный характеръ, но, чтобы удовлетворить такому требованію, надо имѣть какой-либо измѣрительный приборъ.

Таковой былъ предложенъ въ 90-хъ годахъ прошлаго столѣтія швейцарскимъ географомъ Ф. А. Форелемъ, построившимъ его первоначально для наблюденія цвѣта воды озеръ швейцарскихъ Альпъ, отличающихся чистыми голубыми оттѣнками.

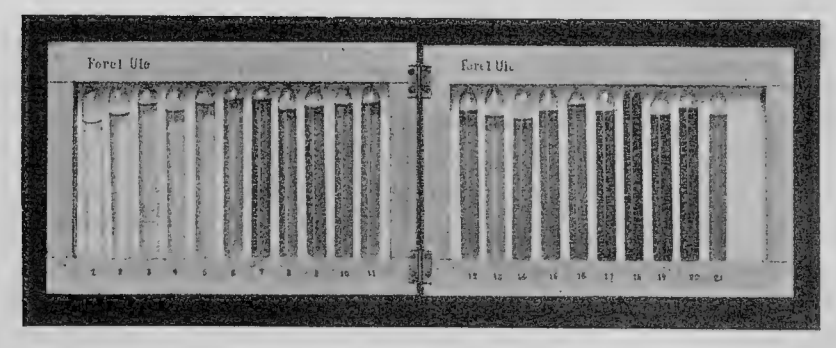
Всякія шкалы цвѣтовъ, отпечатанныя красками, имѣютъ важные недостатки; онѣ выцвѣтаютъ и при новомъ печатаніи трудно получить цвѣта, совершенно одинаковые первому изданію шкалы. Поэтому Форель построилъ свою шкалу такимъ образомъ, чтобы она не измѣняла своихъ оттѣнковъ съ теченіемъ времени и могла бы быть всегда возобновлена точно такою же, какъ и первая. Съ этою цѣлью шкала состоитъ изъ ряда растворовъ, имѣющихъ всегда одинаковые оттѣнки.

Составляютъ два основныхъ раствора:

синій растворъ—А		желтый растворъ—Б	
Сѣрно-кислой мѣди . . .	1 часть.	Нейтральной хромо-кислой соли калія—	1 часть.
Амміака.	5 частей.	Дистиллированной воды	—199 частей.
Дистиллированной воды—194 части.			

Растворъ А дастъ темно-голубой цвѣтъ, а растворъ Б—чисто-желтый цвѣтъ. Эти основные растворы смѣшиваютъ между собою въ сотыхъ доляхъ и получаютъ рядъ оттѣнковъ, изъ числа коихъ выбраны слѣдующія сочетанія.

№ оттѣнковъ	Процентныя количества растворовъ		
по порядку отъ синяго.	синяго А.	желтаго Б.	Соотвѣтственные цвѣта:
I.	100%	0%	темно-голубой.
II.	98%	2%	
III.	95%	5%	
IV.	91%	9%	
V.	86%	14%	
VI.	80%	20%	
VII.	73%	27%	
VIII.	65%	35%	
IX.	56%	44%	
X.	46%	54%	
XI.	35%	65%	зеленовато-желтый.



Фиг. 84. Шкала для опредѣленія цвѣта воды (ксантометръ).

Полученные растворы наливаютъ въ трубочки діаметромъ въ 1 сант. и запаиваютъ послѣднія; тогда растворы держатся довольно долго безъ перемѣны. Трубочки помѣщаютъ въ рамку, какъ это видно на фиг. 84 *), и подъ нихъ при наблюденіи можно подкладывать бѣлую или черную бумагу. Этотъ приборъ иногда называютъ *ксантометромъ*.

Обыкновенно наблюденія надъ цвѣтомъ ведутъ одновременно съ опредѣленіемъ глубины прозрачности помощью опусканія бѣлаго диска. Тогда при всегда *одинаковомъ* углубленіи диска, остановивъ его подниманіе, сравниваютъ цвѣтъ слоя воды между нимъ и поверхностью съ оттѣнкомъ шкалы Фореля, подложивъ подъ нее бѣлую бумагу. Если хотятъ непосредственно сличать цвѣтъ воды со шкалою, тогда подъ нее подкладываютъ черную бумагу, такъ какъ въ природѣ имѣютъ тогда верхній слой воды наложеннымъ на совершенно черную область большихъ глубинъ. Наблюденія всегда производятъ съ тѣневой стороны корабля.

Кромѣ шкалы Фореля, потомъ было еще предложено нѣсколько подобныхъ же приборовъ, но они пока не вошли въ употребленіе и не имѣютъ особенныхъ преимуществъ сравнительно со шкалою Фореля.

Собственный цвѣтъ воды.—Цвѣтъ всякаго тѣла зависитъ только отъ тѣхъ простыхъ лучей солнечнаго спектра, которые оно пропускаетъ—если оно прозрачное, или—если оно не прозрачное, то отъ тѣхъ простыхъ лучей, которые отчасти проникаютъ внутрь тѣла и имъ лучеиспускаются во всѣ стороны, примѣшиваясь къ той части бѣлаго цвѣта, которая была отражена поверхностью непрозрачнаго тѣла.

*) На фиг. 84 изображены двѣ рамки, потому что для наблюденія цвѣта воды озеръ, гдѣ встрѣчаются и коричневые оттѣнки, шкала продолжена еще на 10 нумеровъ до чисто-коричневаго цвѣта.

Долго предполагали, что вода не имѣетъ собственнаго цвѣта, а есть тѣло совершенно безцвѣтное; Бунзенъ, повидимому, былъ первый, который указалъ, что вода обладаетъ собственнымъ синимъ цвѣтомъ. Опыты Тиндаля, Сорэ и Гагенбаха не рѣшили вопроса о цвѣтѣ воды и причинѣ его. Изслѣдованія, рѣшающія вопросъ о цвѣтѣ воды, были произведены бельгійскимъ физикомъ и химикомъ Шпрингомъ въ 1883 г. Приготовивъ дистиллированную воду со всѣми предосторожностями, онъ наполнилъ ею стеклянную трубку въ 5 метровъ длиною, закрытую съ концовъ плоско параллельными стеклами; трубку онъ заключилъ въ свѣтонепроницаемый футляръ и установилъ ее концомъ къ окну, выходившему на тѣневую сторону. Разсматривая цвѣтъ воды сквозь слой ея въ 5 метровъ, ясно было видно, что вода обладаетъ замѣчательно чистымъ и нѣжнымъ голубымъ цвѣтомъ, который она и сохраняла въ трубкѣ неопредѣленно долгое время.

Предосторожности, принятыя Шпрингомъ при приготовленіи дистиллированной воды, обезпечивали не только ея полную химическую чистоту, но и оптическую пустоту, т.-е. отсутствіе плавающихъ въ ней непрозрачныхъ мельчайшихъ частичекъ. Присутствіе послѣднихъ въ атмосферѣ, какъ извѣстно, есть причина голубого цвѣта небеснаго свода, вслѣдствіе разсѣиванія свѣта при отраженіи его отъ мельчайшихъ частицъ, плавающихъ въ воздухѣ *).

Такимъ образомъ вода, поглощая красные и желтые лучи спектра и пропуская голубые, сама принимаетъ голубой цвѣтъ.

Зависимость цвѣта воды отъ находящихся въ ней взвѣшенныхъ частичекъ.—Если къ такой чисто-голубой водѣ прибавлять какого-либо тончайшаго порошка, не растворяющагося въ водѣ, то цвѣтъ воды начинаетъ постепенно переходить въ разные оттѣнки зеленаго, тѣмъ болѣе темнаго, чѣмъ больше вода заключаетъ взвѣшенныхъ частицъ, и чѣмъ онѣ крупнѣе.

Объясняется это такъ: чѣмъ больше находится въ водѣ частицъ во взвѣшенномъ состояніи и чѣмъ онѣ крупнѣе, тѣмъ большее количество желтыхъ и красныхъ лучей пройдетъ черезъ слой воды той же толщины **); а слѣдовательно, вода получитъ зеленый оттѣнокъ, потому

*) Въ настоящее время пришли къ выводу, что, кромѣ пыли въ воздухѣ, голубой цвѣтъ его обусловливается разсѣяніемъ солнечнаго свѣта даже молекулами воздуха.

**) На основаніи изслѣдованій лорда Рэлей въ мутныхъ срединахъ, лучи тѣмъ свободнѣе проходятъ сквозь нихъ, чѣмъ больше ихъ длина волнъ. Красные же и желтые лучи спектра обладаютъ большею длиною волны, нежели синіе и голубые.

что примѣсь желтаго и краснаго цвѣтовъ къ собственному голубому цвѣту воды даетъ зеленые тона.

Цвѣтъ воды океановъ, морей и озеръ.—Какъ уже было указано выше (стр. 66), въ океанахъ и моряхъ находится собственно не вода въ химическомъ смыслѣ слова, а сложный растворъ разныхъ веществъ, и потому цвѣтъ морской воды могъ бы и отличаться отъ собственнаго цвѣта воды. Наблюденія показываютъ, что основной голубой цвѣтъ воды остается преобладающимъ въ морской водѣ, потому что вещества, находящіяся въ ней въ растворѣ, вполнѣ растворены, и растворъ ихъ самъ по себѣ безцвѣтенъ, а слѣдовательно не вліяетъ на собственный цвѣтъ ихъ растворителя—воды.

Въ прѣсноводныхъ водоемахъ—*озерахъ* цвѣтъ воды зависитъ очень часто отъ цвѣта растворенныхъ въ нихъ веществъ. Напр., очень большое число озеръ Европейской Россіи имѣетъ въ своемъ составѣ растворы гумусовыхъ кислотъ бураго цвѣта. Даже въ такихъ обширныхъ водоемахъ, какъ Ладожское озеро, примѣсь гумусовыхъ кислотъ придаетъ водѣ нѣкоторый желтоватый оттѣнокъ при разсматриваніи ея сквозь слой достаточной толщины. Затѣмъ, въ озерахъ, по большей части не глубокихъ и не обширныхъ, всегда имѣется нѣкоторое количество не растворенныхъ взвѣшенныхъ частицъ, взмученныхъ или волненіемъ или принесенныхъ притоками,—обстоятельство, способствующее образованію зеленоватаго оттѣнка. Только въ горныхъ озерахъ, гдѣ вода доставляется непосредственно таяніемъ ледниковъ, образовавшихся изъ снѣга, т.-е. изъ почти дистиллированной воды, ледниковые потоки, ручьи и рѣчки не успѣваютъ растворить много веществъ; вливаясь въ горныя озера, они теряютъ свою скорость и быстро отлагаютъ взвѣшенныя частицы, которыя часто дѣлаютъ ихъ воды совершенно мутными. На нѣкоторомъ же разстояніи отъ впаденія притоковъ воды горныхъ озеръ отличаются большою чистотою и обладаютъ голубымъ цвѣтомъ разныхъ оттѣнковъ, потому что онѣ заполнены почти дистиллированною водою.

Въ *моряхъ* цвѣтъ воды зависитъ отъ слѣдующихъ физико-географическихъ условій: количества притоковъ, характера водъ, ими приносимыхъ, рельефа дна моря и его глубины и степени солености, потому что соленыя воды способствуютъ быстрѣйшему осажденію находящихся въ нихъ взмученныхъ частицъ (причина этого явленія еще не установлена).

Въ Балтійскомъ морѣ, напримѣръ, цвѣтъ воды зеленоватый, потому что, вслѣдствіе большого числа притоковъ, приносящихъ много взвѣ-

шенныхъ частицъ малой глубины и, слѣдовательно, постоянно подымаемой волненіемъ со дна мути и малой солености, въ водѣ всегда находится много взвѣшенныхъ частичекъ, обусловливающихъ ея зеленый цвѣтъ.

Въ Нѣмецкомъ морѣ вода уже синеватѣе, а, напр., въ Черномъ морѣ она совершенно синяя, такъ же, какъ и въ Средиземномъ.

Въ открытомъ океанѣ вода вездѣ темно-голубая, она только нѣсколько измѣняетъ свой оттѣнокъ въ разныхъ мѣстахъ *).

Бывали случаи, что въ океанѣ вода казалась иногда красноватою, иногда оливково-зеленою или бѣловатою; но при изслѣдованіи оказывалось, что эти оттѣнки были обусловлены цвѣтомъ скопившихся тутъ или животныхъ или водорослей, окрашенныхъ въ эти цвѣта. Такимъ образомъ планктонъ оказываетъ вліяніе не только на прозрачность поверхностныхъ слоевъ водъ океановъ, но и на ихъ цвѣтъ.

Распредѣленіе цвѣта воды въ океанѣ и въ моряхъ. — Наблюденія цвѣта воды, какъ выше было указано, затрудняются физіологическими причинами, почему данныя прежнихъ экспедицій и не могутъ быть использованы. Шкала Фореля появилась только въ концѣ XIX ст. и далеко не сразу вошла въ употребленіе на судахъ, почему и наблюденій при ея посредствѣ немного. Единственная картографическая обработка распространенія цвѣта воды и въ океанахъ принадлежитъ Шотту и выполнена имъ въ трудахъ экспедиціи на *Valdivia;* его карта относится къ Атлантическому и Индійскому океанамъ, нѣкоторымъ морямъ ихъ и Южно-Китайскому м.

Въ тропикахъ этихъ океановъ, приблизительно тамъ, гдѣ находятся области наибольшихъ соленостей, а также въ Аравійскомъ м. и въ Бенгальскомъ зал. Индійскаго океана, къ югу отъ мыса Доброй Надежды около 60°—55° ю. ш. и въ южной части Китайскаго м. встрѣчаются обширныя пространства воды чисто темно-голубого кобальтова цвѣта (нумеръ 0 по шкалѣ Фореля) **). Эти области окружены водами менѣе ярко голубого цвѣта (0—2 по шкалѣ Фореля). Затѣмъ, отчасти вдоль береговъ материковъ, а отчасти въ умѣренныхъ широтахъ океановъ и на экваторѣ въ обоихъ океанахъ встрѣчаются полосы голубовато-зеленаго цвѣта и даже зелено-голубоватаго (2—5 и 5—9 по шкалѣ Фореля).

---

*) Айткенъ дѣлалъ опыты: наливалъ морскую воду въ длинныя трубки и получалъ на просвѣтъ чисто-голубой цвѣтъ.

**) Воды Гольфстрима обладаютъ удивительно нѣжнымъ голубымъ цвѣтомъ замѣчательной красоты, который, разъ видѣнный, не забывается. *Ю. Ш.*

Еще далѣе къ полярнымъ областямъ начинаютъ попадаться воды чисто-зеленаго цвѣта (болѣе 9).

Въ *Средиземномъ* морѣ темно-голубой оттѣнокъ (нумеръ 0) встрѣчается только въ средней и восточной частяхъ моря; остальная часть имѣетъ только голубую воду (0—2).

Красное море, несмотря на свою большую соленость, имѣетъ въ общемъ воду голубовато-зеленоватую (2—5), и только въ сѣверной части его встрѣчается вода голубого цвѣта (0—2).

Нѣмецкое и *Балтійское* моря имѣютъ воду, первое—голубовато-зеленоватую, а второе—мутно-зеленую (9—12 по шкалѣ Фореля).

Бѣлое море имѣетъ зеленый цвѣтъ воды иногда съ оттѣнкомъ желтоватаго цвѣта.

Такимъ образомъ цвѣтъ воды океановъ и морей, какъ видно, не имѣетъ прямой связи ни съ распредѣленіемъ солености, ни температуры. Очевидно, зависимость между этими явленіями и другими условіями болѣе сложная и еще далеко не выясненная. Несомнѣнна только нѣкоторая зависимость и связь между прозрачностью и цвѣтомъ воды; вообще въ океанѣ, съ увеличеніемъ прозрачности, цвѣтъ воды приближается къ темно-голубому, а такъ какъ прозрачность тамъ больше, гдѣ количество плавающихъ мелкихъ организмовъ (планктона) меньше, то до нѣкоторой степени воды темно-голубой окраски оказываются менѣе богаты организмами.

Зеленые и зеленоватые оттѣнки, наблюдаемые вдоль береговъ океановъ и въ мелководныхъ моряхъ, есть совершенно понятное слѣдствіе постояннаго присутствія въ водѣ въ большомъ количествѣ взвѣшенныхъ частичекъ.

III.—Сверканіе въ морской водѣ и причина его.—Сверканіе, нерѣдко наблюдаемое на поверхности морей и океана, не имѣетъ никакого отношенія къ физическимъ свойствамъ морской воды, потому что явленіе сверканія производится или бактеріями или животными, находящимися въ морской водѣ и обладающими или самостоятельными органами свѣченія или у нихъ свѣтится все тѣло или полосы и пятна на тѣлѣ животнаго.

Въ прѣсныхъ водахъ явленіе свѣченія не наблюдается, и слѣдовательно содержаніе въ растворѣ въ морской водѣ разныхъ веществъ въ большемъ количествѣ, нежели это бываетъ въ прѣсныхъ водахъ и главнымъ образомъ хлористаго натрія, отсутствующаго въ прѣсной водѣ, должно играть роль въ этомъ явленіи органической жизни въ океанахъ.

Способностью свѣтиться обладаютъ очень многія морскія животныя,

при чемъ это свойство присуще имъ въ весьма разнообразныхъ степеняхъ; по характеру свѣченія всѣхъ морскихъ свѣтящихся животныхъ можно раздѣлить на *три* рода: 1—есть животныя, у которыхъ свѣтится все тѣло; 2—есть такія, у коихъ свойствомъ свѣченія обладаетъ только какая-нибудь часть тѣла и 3—существуютъ животныя, обладающія не только способностью объединять свѣченіе въ какой-либо части тѣла, но и усиливать этотъ свѣтъ при помощи особыхъ отражательныхъ приспособленій и очень сложныхъ чечевицъ, предназначенныхъ для направленія и сосредоточиванія лучей свѣта, вызываемыхъ животнымъ, по его желанію.

Къ первому роду животныхъ прежде всего принадлежатъ *свѣтящіяся бактеріи,* которыхъ очень много родовъ. Онѣ или плаваютъ въ водѣ непосредственно или живутъ на покровахъ какихъ-либо другихъ животныхъ, заставляя послѣднихъ свѣтиться безъ всякаго съ ихъ стороны участія въ этомъ явленіи, при чемъ такимъ путемъ могутъ свѣтиться и растительные организмы. Колоніи такихъ бактерій можно разводить на поверхностяхъ, покрытыхъ подходящею для бактерій средою, и тогда при благопріятныхъ температурахъ, по большей части не высокихъ, эти поверхности даютъ довольно сильное свѣченіе. Существуютъ бактеріи, которыя свѣтятся даже при температурахъ ниже замерзанія воды, что̀ даетъ возможность свѣтиться даже льду. Такія бактеріи, попадая внутрь тѣла животныхъ, надолго заставляютъ ихъ свѣтиться, и даже случается, нѣсколько поколѣній животныхъ такимъ путемъ получаютъ временно способность свѣченія, вовсе имъ самимъ не принадлежащую.

Среди простѣйшихъ одноклѣточныхъ животныхъ многія обладаютъ способностью свѣтиться и среди нихъ особенно, напримѣръ, ночесвѣтка (Noctiluca miliaris), которая размножается очень легко и быстро, и, плавая въ поверхностныхъ слояхъ, обусловливаетъ ихъ свѣченіе. Будучи не болѣе булавочной головки, онѣ встрѣчаются въ огромномъ числѣ, буквально, случается, кишатъ въ верхнемъ слоѣ и днемъ окрашиваютъ его въ свой цвѣтъ, а ночью заставляютъ его свѣтиться голубоватымъ свѣтомъ. Ночесвѣтки живутъ въ умѣренныхъ широтахъ, а въ тропическихъ океанахъ и моряхъ ихъ замѣняютъ другіе подобные же организмы (Pyrocystis noctiluca), имѣющіе видъ палочки около миллиметра длиною.

Многія болѣе крупныя животныя тоже обладаютъ способностью свѣченія, напримѣръ, медузы, свѣтящіяся иногда всею поверхностью своего колокола, а иногда отдѣльными пятнами на немъ. Здѣсь свѣченіе распредѣляется во всемъ тѣлѣ животнаго и части его. Многія морскія

звѣзды обладаютъ также свойствомъ свѣченія; коралловые полипы, моллюски, ракообразныя и рыбы.

Нѣкоторыя изъ болѣе высоко стоящихъ въ своемъ развитіи животныхъ обладаютъ настоящими оптическими аппаратами для усиливанія и управленія свѣтомъ, испускаемымъ ихъ особыми органами; это особенно часто встрѣчается у глубоководныхъ рыбъ. Самая причина свѣченія до сихъ поръ не найдена, но несомнѣнно, что многія животныя свѣтятся по желанію и могутъ управлять своими органами.

Такимъ образомъ, хотя свѣтъ солнца и не проникаетъ на сколько-нибудь значительныя глубины, послѣднія вовсе не представляютъ собою области, совершенно лишенной свѣта; напротивъ того, она освѣщается всѣми цвѣтами радуги тѣми животными, которыя тамъ встрѣчаются. Одни изъ нихъ свѣтятся по желанію, другія—отъ раздраженія при прикосновеніи, третьи—совершенно непроизвольно.

Косвенно на существованіе свѣта на глубинахъ указываетъ развитіе органовъ зрѣнія у многихъ глубоководныхъ животныхъ, иногда снабженныхъ особенно большими глазами, очевидно, чтобы лучше использовать слабый свѣтъ, встрѣчающійся на большихъ глубинахъ.

IV.—Распространеніе въ водѣ звуковыхъ волнъ. —Къ упомянутымъ выше физическимъ свойствамъ воды слѣдуетъ присоединить и проводимость ею звуковыхъ волнъ.

Въ воздухѣ звуковыя волны распространяются со скоростью 332 м въ секунду, въ прѣсной водѣ эта скорость равняется 1.435 м. въ секунду, а въ водѣ средней океанской солености скорость распространенія звука есть 1.500 м. въ секунду. Такимъ образомъ звуковыя волны распространяются въ морской водѣ почти въ пять разъ быстрѣе, нежели въ воздухѣ.

Это послѣднее обстоятельство получило большое примѣненіе въ послѣднее время въ дѣлѣ мореплаванія устройствомъ звуковыхъ подводныхъ сигналовъ, теперь вошедшихъ во всеобщее употребленіе въ туманную погоду, когда свѣтовые сигналы невозможны, а звуковые въ воздухѣ нерѣдко въ туманную погоду подвергаются самымъ неожиданнымъ и неправильнымъ рефракціямъ, тогда какъ въ водѣ ничего подобнаго не наблюдается.

При существующихъ теперь приспособленіяхъ для выслушиванія подводныхъ сигналовъ ихъ можно слышать на суднѣ на разстояніи въ 10—15—20 километровъ и притомъ до нѣкоторой степени можно опредѣлить и уголъ, внутри коего расположена точка, подающая сигналы.

Движенія воды въ океанахъ и моряхъ.

Главныя движенія, наблюдаемыя въ водахъ океановъ и морей, могутъ быть двухъ родовъ — колебательныя и поступательныя. Первыя, въ свою очередь, бываютъ: случайныя — волненіе и періодическія — приливы. Поступательныя движенія морской воды называются теченіями. Теченія, образующіяся при приливахъ, обладаютъ ясно выраженною періодичностью, связывающею ихъ съ ихъ причиною — приливами, и потому разсмотрѣніе ихъ всегда относятъ къ отдѣлу приливовъ, хотя они и сопровождаются поступательнымъ движеніемъ воды.

Волненіе производится обыкновенно вѣтромъ, но можетъ происходить и отъ другихъ причинъ, напримѣръ, вслѣдствіе рѣзкаго измѣненія давленія атмосферы надъ какою-либо частью даннаго водоема, или отъ толчка, переданнаго водной массѣ сушею, вслѣдствіе землетрясенія или вулканическаго изверженія.

Приливы обязаны своимъ происхожденіемъ космическимъ силамъ, а ихъ періодичность — вращенію земли.

Теченія производятся цѣлою совокупностью причинъ, дѣйствующихъ на воды океана, и непосредственно треніемъ воздуха и слѣдовательно измѣненіемъ уровня, вызывающимъ перемѣщеніе частицъ воды.

ГЛАВА VIII.

Волненіе.

I. — Описаніе явленія волненія. — Историческая замѣтка по вопросу объ изученіи явленія волненія. — Характеръ волненія, волны вѣтровыя, отъ землетрясеній и стоячія. — Понятіе о трохоидальной теоріи волненія. — Примѣненіе законовъ образованія трохоиды къ объясненію волноваго движенія воды. — Элементы волны. — Внутреннее строеніе волны. — Способы наблюденія элементовъ волнъ. — Характеръ волненія въ открытомъ океанѣ. — Результаты наблюденій волнъ въ открытомъ океанѣ. — Видоизмѣненіе волненія съ уменьшеніемъ глубины. Прибой, бурунъ, толчея. — Вліяніе на волненіе распространенія на поверхности воды масла или скопленій мелкихъ, плавающихъ предметовъ.

II. — Волны отъ землетрясеній и вулканическихъ изверженій, случающихся въ морѣ.

III. — Стоячія волны, сейши.

Описаніе явленія волненія. — Съ явленіемъ волнообразнаго движенія водной поверхности знакомы всѣ, даже жители наиболѣе континентальныхъ мѣстъ видѣли его на какомъ-либо сосѣднемъ водоемѣ.

Первое, что̀ поражаетъ наблюдающаго волнообразное движеніе поверхности жидкости, это быстрое распространеніе формы волны, откуда и появились выраженія: «волна бѣжитъ», «быстрый, какъ волна» и т. п. Такое перемѣщеніе формы волны однако вовсе не обусловливаетъ какого-либо передвиженія по тому же направленію и частицъ той водной массы, гдѣ наблюдается волнообразное колебаніе поверхности; достаточно самаго простого опыта, чтобы убѣдиться въ отсутствіи поступательнаго движенія въ массѣ волнующейся воды. Стòитъ только помѣстить на волнующуюся поверхность поплавокъ и наблюдать его движеніе по отношенію къ какому-нибудь неподвижному предмету на берегу. Наблюденіе быстро покажетъ, что поплавокъ, не обладающій собственнымъ движеніемъ, не имѣетъ поступательнаго движенія, а только колебательное; при этомъ онъ поднимается и опускается на нѣкоторую величину, и между этими двумя крайними положеніями по вертикали онъ передвигается немного вправо и настолько же влѣво, т. е., очевидно, онъ описываетъ въ пространствѣ нѣкоторую орбиту. Движеніе поплавка, если и замѣчается, то оно обусловливается вѣтромъ, если волненіе произведено послѣднимъ. Въ случаѣ же, если оно вызвано, напримѣръ, паденіемъ какого-либо предмета на покойную до того поверхность воды, то колебаніе поплавка будетъ совершенно правильное, и поступательнаго движенія не будетъ вовсе, потому что волненіе въ данномъ случаѣ имѣетъ совершенно правильный характеръ, не нарушаемый треніемъ воздуха, двигающагося при вѣтрѣ почти по горизонтальному направленію надъ водою. Волненіе такого рода встрѣчается и въ природѣ послѣ успокоившагося вѣтра. Такое правильное волненіе называется зыбью и представляетъ установившуюся форму волненія (по-англійски такія волны называются *free waves* — свободныя волны, въ отличіе отъ волнъ, все время подвергающихся дѣйствію вѣтра — *forced waves* — не свободныя волны).

Не трудно объяснить себѣ, почему ударъ, сопровождающій паденіе какого-либо тѣла на спокойную поверхность воды, производитъ волненіе, расходящееся концентричными окружностями отъ мѣста паденія тѣла. Послѣднее, падая, вымѣщаетъ свой объемъ въ водѣ и тѣмъ самымъ раздвигаетъ водныя частицы и образуетъ кольцеобразное возвышеніе вокругъ себя. Въ слѣдующее мгновеніе упавшее тѣло уже углубилось ниже уровня воды, и на его мѣстѣ появляется маленькій взбросъ частицъ воды, стремящихся вернуться въ свое положеніе равновѣсія и перехо-

дящихъ его въ этомъ стремленіи, вслѣдствіе инерціи, пока сила тяжести и внутреннее треніе не остановятъ ихъ; на мѣстѣ бывшаго вокругъ точки паденія тѣла кольцеобразнаго возвышенія въ этотъ моментъ и по той же причинѣ появляется кольцеобразное углубленіе, окруженное новымъ кольцевымъ возвышеніемъ. Такимъ путемъ волнообразное движеніе передается все далѣе и далѣе по поверхности воды, пока внутреннее треніе жидкости не уравновѣситъ силы первоначальнаго толчка, полученнаго жидкостью.

Если черезъ мѣсто паденія тѣла вообразить вертикальную плоскость, то она въ сѣченіи съ волновою поверхностью воды дастъ профиль волны, волновую линію, которая, какъ дальше будетъ видно, въ математикѣ разсматривается подъ именемъ трохоиды.

Вообще, чтобы поверхность жидкости, находящейся въ покоѣ подъ вліяніемъ всѣхъ дѣйствующихъ на нее силъ, привести въ волнообразное движеніе, необходимо, чтобы на нее подѣйствовала какая-нибудь новая сила; въ природѣ такою силою обыкновенно бываетъ вѣтеръ.

Изслѣдованія показали *), что, если двѣ среды разнаго удѣльнаго вѣса соприкасаются другъ съ другомъ, то только въ состояніи покоя раздѣляющая ихъ поверхность будетъ плоскостью. Въ случаѣ же, если хотя бы одна изъ нихъ движется, то раздѣляющая ихъ поверхность принимаетъ волнообразный характеръ, при чемъ размѣры волнъ зависятъ отъ скорости движенія и отъ разности плотностей обѣихъ срединъ.

Дѣйствительно, въ случаѣ воды и воздуха треніе соприкасающихся слоевъ двухъ срединъ сейчасъ же вызоветъ движеніе верхняго слоя воды по направленію вѣтра, но, вслѣдствіе тренія верхняго слоя воды о слѣдующій, нижележащій, онъ будетъ отставать отъ вѣтра, и на немъ образуются небольшія волны, такъ называемыя капилярныя, которыя, постепенно нарастая, сообразно силѣ вѣтра, и образуютъ волнообразное движеніе воды.

Очевидно, по мѣрѣ усиленія вѣтра должно увеличиваться и волненіе; въ природѣ такъ и происходитъ, однако зависимость размѣровъ волненія отъ силы вѣтра далеко не прямая, а гораздо болѣе сложная, какъ это указано далѣе.

---

*) Эти изслѣдованія были сдѣланы лордомъ Кельвиномъ и Гельмгольцемъ.

Историческая замѣтка по вопросу объ изученіи явленія волненія.—Повидимому, первая попытка объясненія причины волненія принадлежитъ знаменитому живописцу и ученому XV—XVI ст. Леонардо да-Винчи, высказавшему много совершенно справедливаго и вѣрнаго по вопросу о волненіи; между прочимъ, онъ первый указалъ, что, при волнообразномъ движеніи воды, передвигается только форма волны.

Первыя теоретическія изслѣдованія явленія волненія были сдѣланы Ньютономъ и помѣщены въ его „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica“, 1726 г. Затѣмъ этотъ вопросъ былъ снова разобранъ Лапласомъ въ прибавленіи къ его труду „Système du monde“, 1776 г. Черезъ 10 лѣтъ этими изслѣдованіями занялся Лагранжъ, напечатавшій свою работу въ 1786 г. Его формула для выраженія скорости движенія формы волны употребляется и теперь

Первые довольно обстоятельные опыты волнового движенія были сдѣланы Флоджергомъ, и описаніе ихъ опубликовано въ 1793 г. въ трудахъ ученаго общества въ Гаарлемѣ въ Голландіи.

Въ 1802 г. Герстнеръ, профессоръ въ Прагѣ, издалъ свой трудъ по теоріи волнъ, въ которомъ значительно подвинулъ этотъ вопросъ. Онъ впервые показалъ, что, съ увеличеніемъ глубины въ ариѳметической прогрессіи, радіусы орбитъ частицъ убываютъ въ геометрической прогрессіи.

Затѣмъ нѣкоторые шаги впередъ были сдѣланы французскимъ эмигрантомъ Ла Кудрэ въ 1796 г. въ трудахъ ученаго общества въ Копенгагенѣ, гдѣ онъ изучаетъ вопросы о вѣтрѣ и волненіи. Въ этомъ же трудѣ затронутъ вопросъ и о вліяніи масла на характеръ волненія, при чемъ авторъ относится отрицательно къ возможности успокоить волненіе разливаніемъ масла по поверхности воды.

Бремонтье производилъ въ 1809 г. опыты надъ явленіемъ волненія, такіе же, какъ и Флоджергомъ.

Важныя изслѣдованія по теоріи волненія принадлежатъ Пуассону, онъ напечаталъ ихъ въ 1816 г. въ трудахъ Парижской Академіи Наукъ. Его результаты сошлись съ тѣми, какіе были найдены позднѣе изъ ихъ опытовъ братьями Веберъ въ 1825 г. Почти одновременно этимъ вопросомъ занимался и Коши.

Въ 1823 г. итальянецъ Бидоне произвелъ рядъ опытовъ, подтвердившихъ теоретическіе выводы Пуассона.

Два года спустя братья Веберъ опубликовали свой большой трудъ о волнахъ вообще и, между прочимъ, о волнахъ въ жидкостяхъ и описали свои обстоятельные опыты по этимъ вопросамъ. Трудъ братьевъ Веберъ „Wellenlehre auf Experimente gegründet oder über die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten mit Anwendung auf die Schall und Lichtwellen, 1825“ былъ для своего времени исчерпывающимъ и до сихъ поръ онъ сохранилъ свое значеніе и цѣнность.

Скоттъ Росселемъ въ 1834—44 гг. были повторены опыты братьевъ Веберъ въ гораздо большемъ масштабѣ и болѣе точными пріемами; опыты Росселя и до сихъ поръ являются одними изъ лучшихъ. Въ 1842 г. Эри опубликовалъ обширную работу по теоріи волнового движенія.

Первыя наблюденія надъ океанскими волнами принадлежатъ американскому морскому офицеру Уилксу; они были сдѣланы во время его плаванія въ высокихъ широтахъ южнаго полушарія въ 1838—42 гг.

Затѣмъ обстоятельныя наблюденія надъ явленіемъ волненія въ океанѣ были сдѣланы Скоресби, морякомъ англійскаго торговаго флота, который въ теченіе своихъ многочисленныхъ плаваній собралъ богатый матеріалъ по разнаго рода явленіямъ природы.

Въ 1857—59 гг. Дарси и Базэнъ произвели опыты надъ волненіемъ въ большомъ масштабѣ въ отвѣтвленіи Бургонскаго канала въ 400 м. длиною, 16 м. шириною и глубиною въ 0,6 м., при чемъ, между прочимъ, получено было опытное подтвержденіе формулы Лагранжа относительно скорости распространенія волнъ $\left(V=\sqrt{2g\times\frac{d}{2}}\right)$.

Въ 1862 г. Фрудъ издалъ результаты своихъ изслѣдованій по изученію явленія волненія, и въ томъ же году Ранкинъ напечаталъ свою геометрическую теорію волнового движенія, являющуюся однимъ изъ наилучшихъ изложеній этого вопроса. Вопросы о явленіи волненія у береговъ и на малыхъ глубинахъ были разобраны въ 1863 г. Гагеномъ.

Обширныя и обстоятельнѣйшія наблюденія надъ волненіемъ на океанскомъ просторѣ были произведены лейтенантомъ французскаго флота Пари въ теченіе его плаваній въ 1867—70 гг.

Въ 1866 г. итальянскій морской инженеръ А. Чіальди издалъ большой трудъ „Sul moto ondoso del mare e su le correnti di esso specialmente su quelle littorali, 1866“, гдѣ собранъ цѣлый рядъ свѣдѣній объ изученіи волненія и большая литература по этому вопросу.

Французскій инженеръ-кораблестроитель Буссинескъ издалъ въ 1872 г. весьма важное изслѣдованіе по теоріи волнъ.

Обстоятельное изложеніе и изученіе этого вопроса имѣется также въ трудахъ другого французскаго инженера-кораблестроителя Бертэнъ.

Многочисленныя наблюденія, произведенныя французскими морскими офицерами на судахъ военнаго флота, по примѣру лейтенанта Нари, были обработаны и использованы г. Антоанъ въ 1874 г., который обратилъ большое вниманіе на вопросъ о соотношеніи между силою вѣтра и размѣрами волненія.

Въ новѣйшее время, съ 1870 г., т.-е. отъ начала океанографическихъ изслѣдованій, подобныя наблюденія надъ волненіемъ въ океанахъ и моряхъ были произведены во время многихъ океанографическихъ экспедицій, которыя не перечисляются здѣсь.

Слѣдуетъ еще упомянуть о работѣ германскаго океанографа Г. Шотта, совершившаго въ 1891 и 1892 гг. плаваніе на трехъ парусныхъ судахъ торговаго германскаго флота въ Атлантическомъ и Индійскомъ океанахъ. Онъ произвелъ нѣкоторое число наблюденій и при обработкѣ ихъ разобралъ данныя другихъ наблюдателей.

Сѣверо-американскій морской инженеръ Гайаръ въ 1904 году издалъ большой трудъ по изслѣдованію волненія у береговъ Канады и въ большихъ озерахъ Сѣверной Америки.

Наконецъ во время плаванія германскаго военнаго судна *Planet* въ 1906—1907 гг. въ Атлантическомъ и Индійскомъ океанахъ производились опыты для наблюденія волненія при помощи фотограммометрическаго способа.

Характеръ волненія, волны вѣтровыя, отъ землетрясеній и стоячія. — Волны, наблюдаемыя въ природѣ въ разныхъ водоемахъ, могутъ быть трехъ родовъ. Во-первыхъ, возбужденныя вѣтромъ, затѣмъ волны, возникшія, какъ результатъ сильнаго толчка на днѣ или около береговъ, что случается иногда при землетрясеніяхъ; тогда возникаетъ волна громадныхъ размѣровъ, распространяющаяся на обширныя пространства.

Наконецъ бываютъ волны, возбужденныя какимъ-либо рѣзкимъ измѣненіемъ въ давленіи атмосферы или другою причиною; тогда вся масса воды въ бассейнѣ приходитъ въ колебаніе, образуя стоячія волны

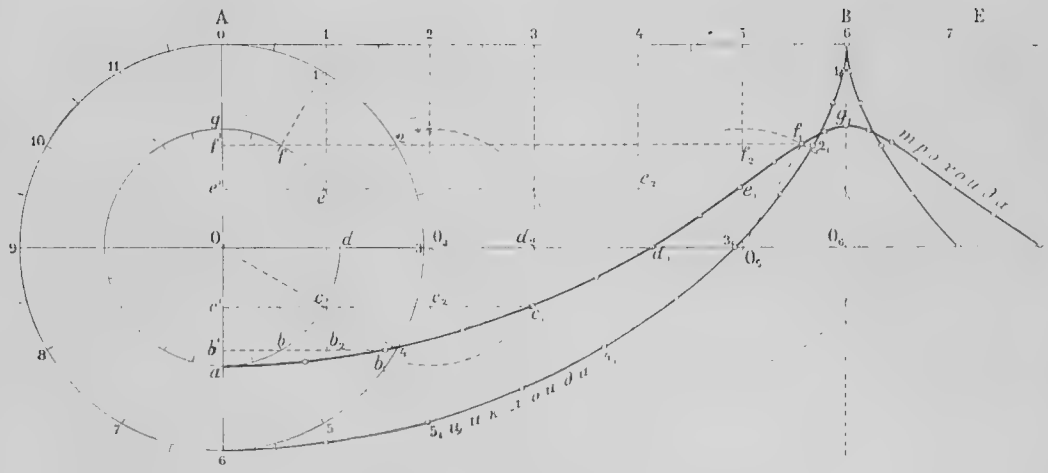
Въ дальнѣйшемъ данъ разборъ этихъ случаевъ волненія, наблюдаемыхъ въ природѣ.

Понятіе о трохоидальной теоріи волненія.—Въ трохоидальной теоріи волненія разсматривается только случай установившагося волненія, подобнаго тому, какое бываетъ въ морѣ послѣ того, какъ возбудившій волненіе вѣтеръ успокоился. Такое правильное волненіе называется зыбью.

Наблюденія волненія въ природѣ и опытныя изслѣдованія надъ движеніями частицъ воды Герстнера и братьевъ Веберъ показали, что, при волнообразномъ движеніи въ жидкости, каждая частица ея колеблется около того положенія равновѣсія, какое она занимала при спокойномъ состояніи жидкости. Если вообразить вертикальную плоскость, пересѣкающую поверхность взволнованной жидкости по направленію распространенія волненія, то всѣ частицы, принадлежащія одному и тому же уровню (т.-е. лежащія при спокойномъ состояніи жидкости на той же самой горизонтальной поверхности), какъ въ верхнемъ слоѣ, такъ и на разныхъ глубинахъ, совершаютъ одинаковыя колебанія, уменьшающіяся въ размѣрахъ съ увеличеніемъ глубины по опредѣленному закону. При этихъ колебаніяхъ частицы жидкости описываютъ въ пространствѣ равномѣрнымъ движеніемъ замкнутыя кривыя, которыя суть окружности. Одновременно частицы того же самаго слоя находятся въ различныхъ мѣстахъ на кривыхъ, ими описываемыхъ, и притомъ такъ, что, если одна частица находится вверху своего пути, то рядомъ лежащія или еще не достигли этого положенія или уже перешли черезъ него, и чѣмъ дальше будутъ лежать частицы отъ вышеуказанной, тѣмъ ниже онѣ расположены на своихъ путяхъ, и наконецъ на нѣкоторомъ удаленіи найдется частица, находящаяся внизу своего пути. Если будемъ разсматривать частицы того же слоя, лежащія еще далѣе отъ первой, то увидимъ, что положенія ихъ повторяются. Такимъ образомъ, слѣдствіемъ указаннаго одновременнаго расположенія частицъ того же слоя на ихъ орбитахъ является волновая линія, а совокупность послѣднихъ на данномъ протяженіи жидкости образуетъ волновую поверхность.

Стремленіе выразить наблюденныя движенія математически, а также теоретическія изслѣдованія колебательныхъ движеній частицъ какой-либо среды привели къ созданію трохоидальной теоріи волненія. Прежде, нежели дать о ней понятіе, посмотримъ, какимъ образомъ получается кривая, называемая трохоидою.

На чертежѣ (фиг. 85) кругъ $A6$ предполагается катящимся по прямой AE слѣва направо. Если закрѣпить карандашъ въ центрѣ O



Фиг. 85. Построеніе циклоиды и трохоиды.

катящагося круга, то при движеніи послѣдняго карандашъ на плоскости чертежа напишетъ прямую OO_6. Если же укрѣпить карандашъ въ концѣ радіуса $O6$, то карандашъ при каченіи круга опишетъ кривую $6\text{-}4_1\text{-}B$, называемую *циклоидой*. Подошва ея будетъ въ точкѣ *6*, а вершина въ точкѣ *B*. Очевидно, при дальнѣйшемъ каченіи круга *A6* направо, карандашъ опишетъ другую вѣтвь циклоиды.

Если же помѣстить карандашъ гдѣ-нибудь въ точкѣ *a* на радіусѣ $O6 = R$ между центромъ и окружностью, то онъ опишетъ кривую $a\ c_1\ g_1$ называемою трохоидою.

Построить циклоиду и трохоиду можно слѣдующими способами. Раздѣлимъ катящуюся окружность на нѣсколько равныхъ частей (на черт. 85 на шесть) и на прямой *AE* отложимъ длину *AB*, равную полуокружности катящагося круга (IIR). Тогда при каченіи круга точки его окружности:—*1, 2, 3...* будутъ послѣдовательно совпадать съ точками:—*1, 2, 3...* прямой *AB*. Чтобы найти точку, гдѣ окажется карандашъ, установленный въ точкѣ *6*, когда точка *1-я* окружности совпадетъ съ таковою же на прямой *AB*, или, что то же самое, когда центръ *O* передвинется на разстояніе *A1*, проводятъ*) черезъ точку *5* катящейся окружности прямую параллельную *AB*, а изъ точки *1-й* той же линіи опускаютъ перпендикуляръ, и отъ пересѣченія его съ линіей, проведенной парал

*) На чертежѣ эта и нѣкоторыя другія линіи, относящіяся къ построенію циклоиды, не проведены, чтобы не затемнять чертежъ.

лельно AB, откладываютъ вправо еще величину половины хорды $5—7$ и получаютъ искомую точку 5_1, принадлежащую циклоидѣ. Для полученія слѣдующей точки циклоиды проводятъ черезъ 4 точку окружности прямую параллельно AB, а изъ точки 2-й той же прямой опускаютъ къ ней перпендикуляръ; отъ мѣста ихъ пересѣченія вправо откладываютъ линію, равную половинѣ хорды $4—8$, и получаютъ точку циклоиды 4_1. Поступая такъ же и далѣе, находятъ сколько требуется точекъ циклоиды, соединивъ ихъ согласною кривою, получаютъ искомую циклоиду.

Для построенія трохоиды поступаютъ подобнымъ же образомъ. Положимъ, что карандашъ будетъ помѣщенъ на радіусѣ R въ точкѣ a. Проводятъ радіусомъ $Oa = r$ окружность adg, называемою *производящею* *), дѣлятъ ее на нѣсколько равныхъ частей (на черт. на шесть); черезъ точку b проводятъ прямую параллельно AB, а изъ точки 1-й той же AB опускаютъ перпендикуляръ, отъ ихъ пересѣченія точки b_2 откладываютъ вправо линію b_2b_1 равную $b'b$ (т.-е. половину хорды), и получаютъ точку b_1, принадлежащую трохоидѣ. Опустивъ изъ точки 2-й линіи AB перпендикуляръ до его пересѣченія (c_2) съ прямой, проведенной параллельно AB черезъ точку c производящей окружности, откладываютъ вправо отъ точки c_2 линію c_2c_1 равную $c'c$ и получаютъ точку трохоиды c_1. Поступая такъ и далѣе, находятъ сколько угодно точекъ и черезъ нихъ проводятъ согласную кривую $a\,b_1c_1d_1f_1g_1$, которая и будетъ искомая трохоида.

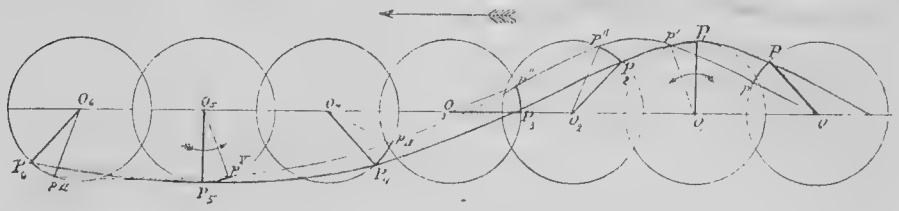
Построеніе трохоиды или циклоиды можно выполнить и иначе. Для нахожденія, напримѣръ, точки c_1 опускаютъ изъ точки 2-й прямой AB перпендикуляръ, въ пересѣченіи котораго съ прямой OO_6 въ точкѣ O_2 будетъ находиться центръ катящагося круга, когда точка его окружности 2-я совпадетъ съ одноименною точкою на линіи AB. Чтобы занять такое положеніе, катящійся кругъ долженъ повернуться на уголъ $AO2$; очевидно, если провести радіусъ $O4$, то онъ составитъ съ радіусомъ $O6$ катящейся окружности такой же уголъ. Поэтому, если изъ точки O_2 провести радіусъ производящей окружности параллельно радіусу $O4$, то въ пересѣченіи его съ производящею окружностью и получится точка трохоиды c_1. Такъ же можно получить и остальныя точки трохоиды или циклоиды.

При той же катящейся окружности, въ зависимости отъ величины радіуса производящей окружности, и видъ трохоиды будетъ получаться

*) Такъ какъ она производитъ трохоиду.

различный. Очевидно, предѣлами для всѣхъ возможныхъ трохондъ будутъ:—прямая OO_6 и циклонда $6\text{-}4_1\text{-}B$ *).

Примѣненіе законовъ образованія трохонды къ объясненію волнового движенія воды. — На чертежѣ (фиг. 86) прямая



Фиг. 83. Колебательное движеніе частицъ поверхностнаго слоя.

$O—O_6$ .... представляетъ положеніе уровня воды въ состояніи равновѣсія подъ вліяніемъ силы тяжести **). Если на поверхность воды подѣйствовала какая-нибудь сила, то подъ ея вліяніемъ частицы выйдутъ изъ состоянія покоя и начнутъ колебаться около своего положенія равновѣсія (точекъ O, O_1, O_2 . . . .).

Согласно трохондальной теоріи волненія, каждая водная частица описываетъ равномѣрнымъ движеніемъ круговыя орбиты одинаковаго радіуса для того же слоя, въ одинаковый промежутокъ времени, при чемъ всѣ частицы двигаются на своихъ орбитахъ въ одну сторону. На чертежѣ точки O, O_1, O_2 . . . изображаютъ положеніе частицъ воды поверхностнаго слоя въ состояніи покоя **), точки же P, P_1, P_2 . . . одновременное положеніе тѣхъ же частицъ при ихъ движеніи на своихъ орбитахъ въ сторону, указанную стрѣлками. Если соединить эти послѣднія одновременныя положенія частицъ согласною кривою, то и получится *волновая кривая* или трохонда.

Если черезъ нѣкоторый промежутокъ времени снова замѣтить одновременное положеніе частицъ на своихъ орбитахъ, то, такъ какъ каждая изъ нихъ пройдетъ по орбитѣ одинаковое разстояніе, то радіусы, проведенные къ точкамъ P, P_1, P_2 . . . . и p, p^{I}, p^{II} . . . . образуютъ между

*) Если сдѣлать радіусъ r больше R, то будутъ получаться трохонды съ петлями вверху, такія трохонды не имѣютъ значенія для волнообразнаго движенія. Измѣненіе радіуса катящагося круга при томъ же радіусѣ производящей окружности тоже будетъ измѣнять видъ трохонды.

**) Въ дѣйствительности линія уровенной поверхности при спокойномъ состояніи жидкости лежитъ немного ниже линіи центровъ орбитъ; она не проведена на чертежѣ, чтобы излишне его не затемнять.

собою попарно въ каждой орбитѣ одинаковые углы. Соединивъ точки $p, p^{\text{I}}, p^{\text{II}}$ . . . . . согласною кривою, получимъ снова трохоиду, но нѣсколько смѣщенную въ ту сторону, куда вращаются частицы въ верху своихъ орбитъ, т.-е. вся форма волны перемѣстится налѣво, по направленію стрѣлки вверху чертежа. Когда каждая частица опишетъ половину своей орбиты, то частица P_1, бывшая на вершинѣ волны, окажется на подошвѣ ея, а частица P_5 будетъ на вершинѣ волны. Черезъ промежутокъ времени, необходимый для полнаго описанія орбиты, всѣ частицы вернутся въ положенія P, P_1, P_2 . . . . . и вершина волны снова совпадетъ съ точкою P_1.

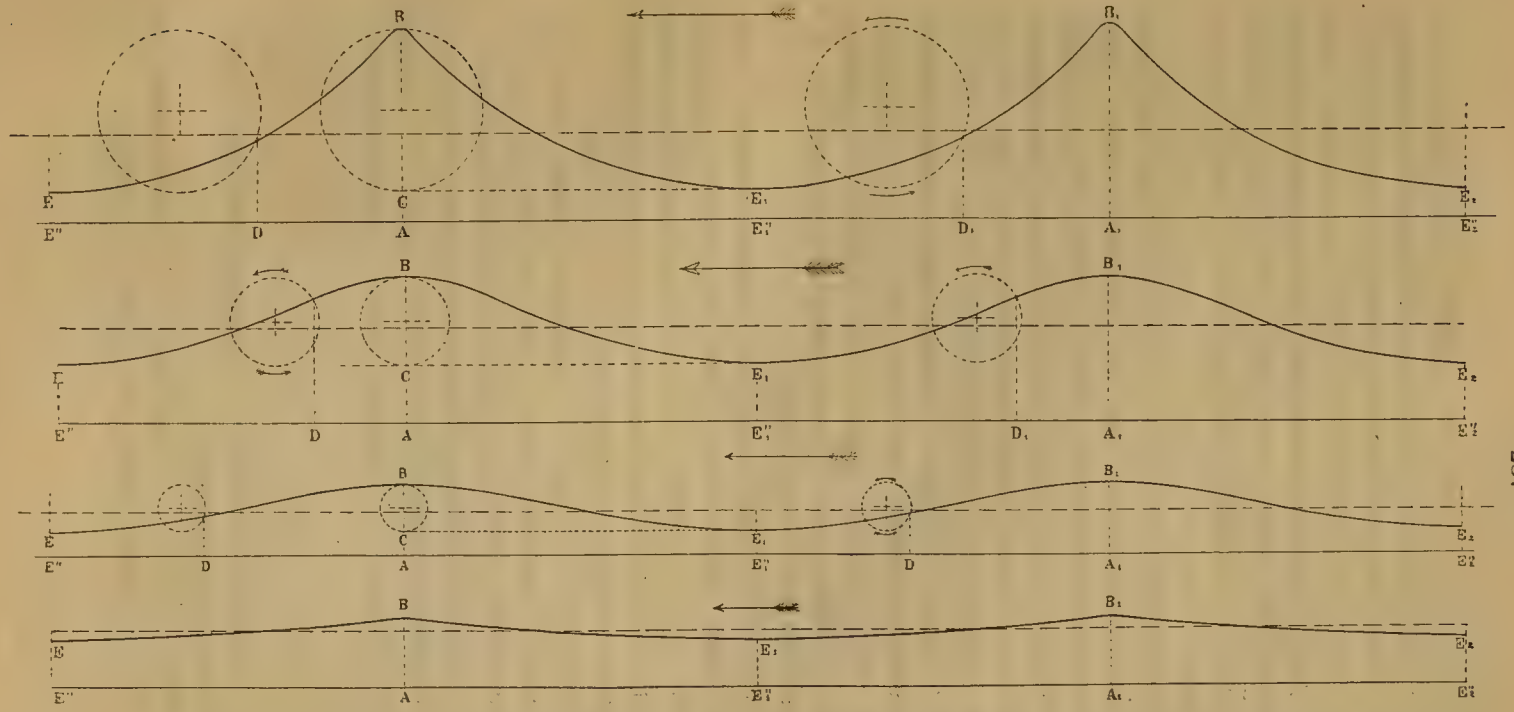
Положеніе частицы на орбитѣ называется фазою данной частицы, оно опредѣляется угломъ между двумя положеніями радіуса производящей окружности, изъ которыхъ одно положеніе (обыкновенно вертикальное внизъ) принимается за нулевое, а второе направлено къ мѣсту нахожденія частицы въ данный моментъ.

Если сравнить чертежи 85 и 86, то не трудно замѣтить, что орбиты чертежа 86 соотвѣтствуютъ разнымъ положеніямъ производящей окружности при движеніи катящагося круга по линіи AB. Отсюда видно, что трохоида можетъ быть также получена, какъ результатъ одновременныхъ положеній на своихъ орбитахъ частицъ одного и того же слоя воды, имѣющихъ одинаковыя колебательныя движенія, но находящихся одновременно въ разныхъ фазахъ. Поэтому понятно, что поплавки, находящіеся на поверхности воды при волнообразномъ ея движеніи, совершаютъ только колебанія: вверхъ, внизъ, вправо и влѣво и вовсе не имѣютъ поступательнаго движенія.

Сравнивая профили волны $P-P_6$ и $p-p_{\text{VI}}$ видно, что послѣдній профиль перемѣстился по отношенію къ первому налѣво, т.-е. въ ту же сторону, куда вращаются всѣ частицы въ верхней части своихъ орбитъ. Такимъ образомъ, обычно наблюдаемое поступательное движеніе волны есть *поступательное движеніе только формы волны,* въ которомъ частицы воды вовсе не участвуютъ; онѣ колеблются на своихъ орбитахъ, а форма волны — бѣжитъ.

Элементы волны. — На чертежѣ *) (фиг. 87) даны четыре профиля двухъ послѣдовательныхъ волнъ. Каждое сосѣднее возвышеніе и углубленіе называются волною (напр. EBE_1), самая верхняя точка волны — B, B_1 . . . . называется вершиною волны или гребнемъ ея; а

*) На фиг. 87 даны трохоиды, а не синусоиды, какъ это очень часто бываетъ во многихъ курсахъ на чертежахъ, изображающихъ волну, что совершенно не вѣрно.



Фиг. 87. Трохоидальныя волны разныхъ видовъ.

На чертежѣ изображены четыре профиля волны, всѣ произведенные движеніемъ того же самаго *катящагося* круга, но *производящія* окружности у каждой волны разныя, онѣ показаны пунктиромъ на трехъ верхнихъ чертежахъ, на нижнемъ, вслѣдствіе малости, она не дана. Центры *производящихъ* окружностей, какъ видно на чертежахъ, лежатъ выше линіи горизонта воды въ спокойномъ состояніи, какъ это и должно быть.

Верхній чертежъ даетъ волну съ отношеніемъ высоты къ длинѣ близко къ 1 : 4, т.-е. очень крутую волну, близкую къ предѣльной, циклоидальной. Слѣдующій сверху чертежъ изображаетъ волну съ отношеніемъ $h : \lambda = 1 : 8$; третій чертежъ съ отношеніемъ $h : \lambda = 1 : 15$ и нижній съ $h : \lambda = 1 : 31$, т.-е. такимъ, который встрѣчается обычно въ пассатныхъ волнахъ. До отношенія въ 1 : 15 волны въ океанѣ нарѣдка доходятъ только при очень свѣжемъ вѣтрѣ. Отношенія же 1 : 4 могутъ быть только при разбиваніи волны на мелководіи. Въ моряхъ волны круче, нежели въ океанѣ.

самая низшая—E, E_1 .... подошвою. Въ правильной системѣ волненія линіи гребней и линіи подошвъ въ планѣ образуютъ рядъ параллельныхъ между собою линій. Уголъ, составляемый касательною къ профилю волны съ горизонтальною линіей, называется крутизною волны въ данной точкѣ.

Разстояніе по вертикальному направленію отъ вершины волны до ея подошвы, напримѣръ BC, называется высотою волны. Очевидно, что высота волны равна 2r производящей окружности (см. фиг. 85) или орбиты частицы воды.

Разстояніе по горизонтальному направленію между двумя гребнями BB_1 или между двумя подошвами EE_1 или E_1E_2 сосѣднихъ волнъ называется длиною волны. Отсюда слѣдуетъ, что разстояніе по горизонтальному направленію между всякими двумя частицами воды, находящимися въ одинаковой фазѣ на склонахъ двухъ сосѣднихъ волнъ, тоже будетъ представлять длину волны; напр., разстояніе между точками D и D_1.

Промежутокъ времени, въ теченіе котораго форма волны пробѣгаетъ разстояніе, равное ея длинѣ, называется періодомъ волны. Въ этотъ промежутокъ времени каждая частица воды опишетъ свою орбиту, слѣдовательно, періодъ волны есть также промежутокъ времени, въ теченіе коего частица описываетъ свою орбиту.

Разстояніе, проходимое формою волны въ единицу времени, называется скоростью волны. Обыкновенно дается пространство, проходимое волною въ метрахъ въ 1 с. времени или въ морскихъ миляхъ въ часъ.

Четыре величины: *высота, длина, періодъ и скорость*—составляютъ характерныя особенности волны и называются ея элементами.

Зависимость, существующая между элементами волны.—Изъ самаго опредѣленія каждаго элемента волны и вышеизложенной трохоидальной теоріи происхожденія волноваго профиля слѣдуетъ, что изъ четырехъ элементовъ волны три связаны между собою уравненіемъ слѣдующаго вида. Пусть скорость распространенія волны будетъ—V, періодъ волны—τ, а длина волны—λ, то соотношеніе между этими величинами таково:

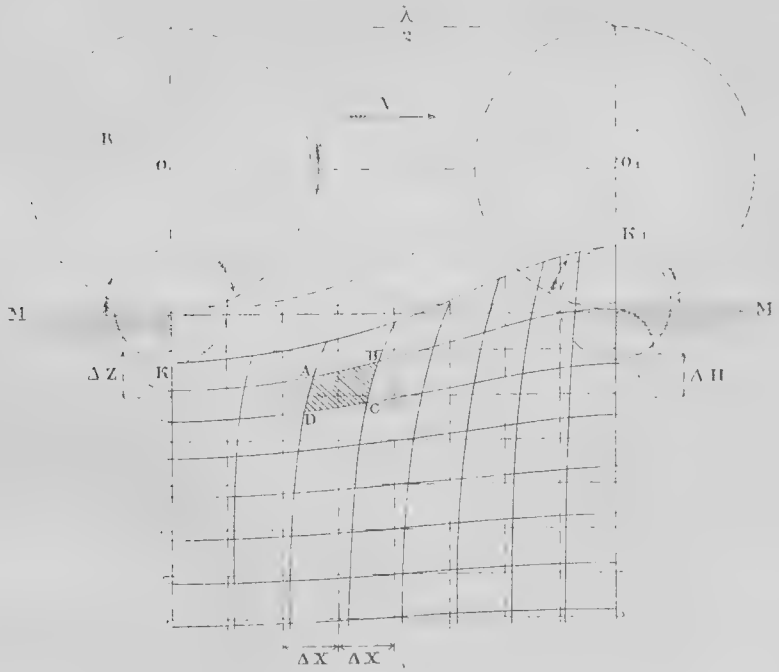
$$= \frac{\lambda}{V} \qquad \text{или} \qquad \lambda = V\tau$$

Слѣдовательно, изъ трехъ элементовъ достаточно знать два, а третій можетъ быть полученъ вычисленіемъ.

Четвертый элементъ—высота h не находится въ прямой связи съ первыми тремя, и потому онъ получается только изъ наблюденія.

Внутреннее строеніе волны.—До сихъ поръ разбиралось движеніе частицъ, лежащихъ на поверхности, но когда поверхностныя частицы начинаютъ колебаться, то ихъ движеніе передается въ жидкости не только вдоль ея поверхности, но и въ глубину; потому необходимо, для пониманія явленія волненія и физико-географическаго значенія его, разсмотрѣть, какимъ образомъ, согласно трохоидальной теоріи, волновое движеніе распространяется на нижележащіе слои водныхъ частицъ.

На чертежѣ (фиг. 88) изображено вертикальное сѣченіе водной массы, находящейся въ волнообразномъ движеніи, при чемъ плоскость сѣченія выбрана перпендикулярно линіи гребня волны. Мысленно предполагается, что вся масса жидкости раздѣлена на рядъ безконечно тонкихъ горизонтальныхъ слоевъ и такихъ же вертикальныхъ столбцовъ. На чертежѣ пунктирными горизонтальными и вертикальными линіями изображены только нѣкоторые изъ этихъ слоевъ и столбцовъ, взятые черезъ одинаковыя разстоянія, равныя 1 : 20 длины волны (ΔZ) для горизонтальныхъ линій и 1 : 16 для вертикальныхъ (ΔX).



Фиг. 88. Вертикальное строеніе волны.

Въ дѣйствительности на чертежѣ горизонтальныя пунктирныя линіи проведены для каждаго слоя выше, нежели лежали соотвѣтствующія линіи въ жидкости при нахожденіи ея въ покоѣ; это есть послѣдствіе нахожденія частицъ воды въ волнообразномъ движеніи. Уровень поверхности воды въ состояніи покоя обозначенъ линіей MM. Поэтому на чертежѣ слои воды одинаковой толщины, находящіеся между горизонтальными пунктирными линіями, лежатъ соотвѣтственно выше тѣхъ же слоевъ въ состояніи покоя. Напримѣръ, слой ΔH переходитъ при образованіи волненія въ слой ΔZ. Горизонтальныя пунктирныя линіи, данныя на чертежѣ, есть линіи, на которыхъ приходятся центры производящихъ окружностей каждаго слоя, такъ какъ, согласно трохоидальной теоріи волненія, онѣ должны лежать выше соотвѣтственнаго слоя на опредѣленную величину, которая находится въ зависимости отъ скорости движенія частицъ воды на своихъ орбитахъ. Какъ видно дальше, орбиты убываютъ съ глубиною, а время оборота частицъ на своихъ орбитахъ, т.-е. періодъ остается тотъ же самый, значитъ, и скорости частицъ на орбитахъ съ глубиною убываютъ; пропорціонально имъ уменьшаются и разстоянія линій центровъ производящихъ окружностей отъ уровенныхъ линій соотвѣтственныхъ слоевъ жидкости въ состояніи покоя.

Согласно трохоидальной теоріи въ одной и той же системѣ волноваго движенія катящіеся круги для всѣхъ слоевъ имѣютъ одинъ и тотъ же радіусъ (R на чертежѣ, фиг. 88), а радіусы производящихъ окружностей будутъ уменьшаться отъ поверхностнаго слоя внизъ по слѣдующему закону:—если глубины слоевъ увеличиваются въ ариѳметической прогрессіи, то радіусы производящихъ окружностей уменьшаются въ геометрической прогрессіи. Т.-е. на безконечно большой глубинѣ радіусы производящихъ окружностей обращаются въ нуль; въ дѣйствительности же уже на глубинѣ, равной длинѣ волны, колебательное движеніе частицъ на ихъ орбитахъ становится почти незамѣтнымъ *), и практически можно принять эту глубину за предѣлъ распространенія трохоидальнаго волноваго движенія въ глубину.

Точная зависимость между глубиною и уменьшеніемъ радіусовъ производящихъ окружностей сравнительно съ радіусомъ катящейся окружности выражается слѣдующимъ уравненіемъ:

$$z = re^{-\frac{2\pi z}{\lambda}}$$

гдѣ z — есть радіусъ производящихъ окружностей на произвольной глубинѣ,
r — радіусъ производящей окружности для трохоиды на поверхности воды, т.-е. половина высоты волны
Z — глубина слоя
λ — длина волны
e — основаніе Нэперовыхъ логариѳмовъ.

*) Опыты братьевъ Веберъ дали имъ поводъ высказать, что волненіе распространяется на глубину, превышающую въ 350 разъ высоту волны. Опыты были произведены въ слоѣ всего въ 2 фута глубиною, почему и получились результаты недостаточно точные, чтобы ихъ можно было, экстраполируя, примѣнять къ волненію въ океанахъ.

Очевидно, чѣмъ больше глубина z, тѣмъ все произведеніе правой половины уравненія становится меньше. Насколько быстро идетъ убываніе r съ увеличеніемъ z, видно изъ слѣдующей таблицы, вычисленной по этой формулѣ.

$\frac{z}{\lambda}=0$		$\frac{r}{r}=1{,}0000$		$\frac{z}{\lambda}=0{,}35$		$\frac{r}{r}$ 0,1109		$\frac{z}{\lambda}=0{,}90$		$\frac{r}{r}=0{,}0035$	
„	0,05	„	0,7304	„	0,40	„ 0,0810	„	1,00	„	0,0018674	
„	0,10	„	0,5335	„	0,45	„ 0,0592	„	1,50	„	0,0000807	
„	0,15	„	0,3897	„	0,50	„ 0,0432	„	2,00	„	0,0000035	
„	0,20	„	0,2846	„	0,60	„ 0,0231	„	2,50	„	0,00000015	
„	0,25	„	0,2079	„	0,70	„ 0,0123	„	—	„	—	
„	0,30	„	0,1518	„	0,80	„ 0,0066	„	5,00	„	15 цифра послѣ запятой.	

Выше приведенная мелкимъ шрифтомъ таблица взята изъ курса теоріи кораблестроенія гг. Поларъ и Дюдебу, но существуетъ еще нѣсколько подобныхъ таблицъ, напр., французскаго корабельнаго инженера Бертэнъ, а также и болѣе простое правило, предложенное англичаниномъ Ранкинымъ, вотъ оно.

Если глубины слоевъ z выразить въ десятыхъ доляхъ длины волны λ, а $2r$ — діаметры производящихъ окружностей на тѣхъ же глубинахъ въ доляхъ высоты волны — h или $2r$, то получатся слѣдующіе два ряда соотвѣтствующихъ другъ другу величинъ:

z — глубина слоевъ: въ доляхъ λ	0	$\frac{1}{9}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{3}{9}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{6}{9}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{9}$
$2r$ — въ доляхъ h —	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{512}$
или:	1	0,5	0,25	0,125	0,062	0,031	0,016	0,008	0,004	0,002

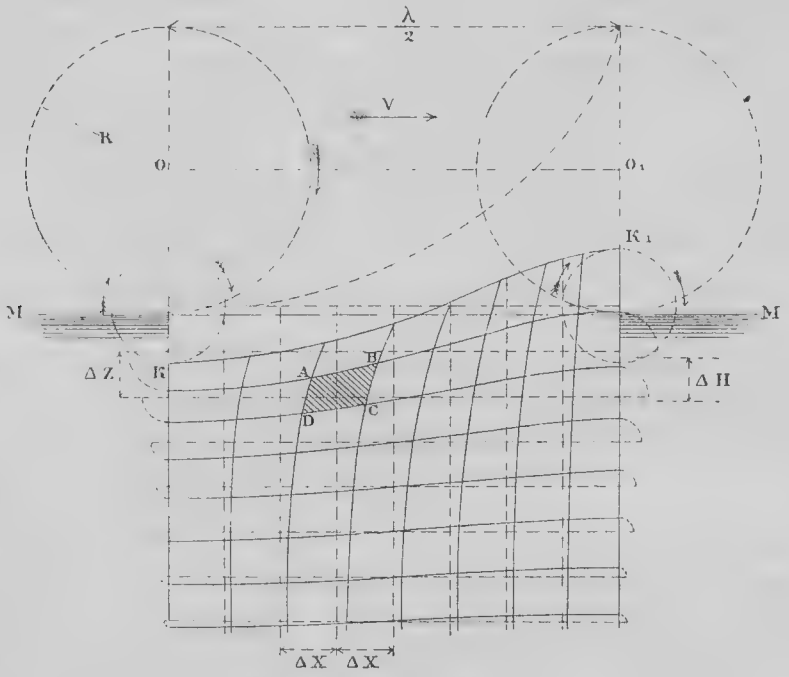
Такимъ образомъ, на глубинѣ равной 9 : 9, т.-е. длинѣ волны λ, діаметры орбитъ будутъ всего 0,002 отъ діаметра ихъ для поверхностнаго слоя, а радіусы—0,001. Если на поверхности высота волны $h = 2r = 8$ метровъ, что уже представляетъ большую штормовую волну, то на глубинѣ, равной длинѣ волны (около 150 метровъ), радіусъ орбиты будетъ всего 0,008 м. или 8 миллиметровъ.

Если взять самую большую когда-либо наблюдавшуюся волну длиною $\lambda = 824$ метра и высотою $h = 2r =$ около 15 м., то на глубинѣ, равной длинѣ волны λ, радіусы орбитъ — r будутъ всего 14 миллиметровъ, а на глубинѣ $z = 1{,}5\,\lambda = 1.236$ м., они будутъ 0,6 миллиметра,

т.-е. волновое движеніе на этой глубинѣ можно считать совершенно прекратившимся.

Такимъ образомъ, даже наибольшія когда-либо наблюдавшіяся, совершенно исключительныя по размѣрамъ вѣтровыя волны не могутъ распространяться до дна океановъ. Обыкновенныя же штормовыя волны въ океанахъ около 100 м. длиною и 5 м. высотою на глубинѣ своей длины почти совершенно затухаютъ, радіусы орбитъ на этой глубинѣ будутъ всего около 5 миллиметровъ, а на глубинѣ 150 м. всего 0,2 миллим.

На чертежѣ (фиг. 88) кривыми сплошными линіями показаны трохоидальные профили каждаго равноотстоящаго слоя воды. Изъ чертежа видно, что длина волны (на фиг. 88 дана только полудлина $\lambda : 2$) на всѣхъ глубинахъ остается одинаковая, такъ какъ катящійся кругъ одинъ и тотъ же для трохоидальныхъ кривыхъ всѣхъ глубинъ. По той же причинѣ и періодъ для частицъ воды на всѣхъ глубинахъ тотъ же самый. Очевидно, и скорость распространенія волны для слоевъ всѣхъ глубинъ тоже одинакова. Измѣняется же только высота волны, потому что радіусы производящихъ окружностей уменьшаются. Для поверхност-



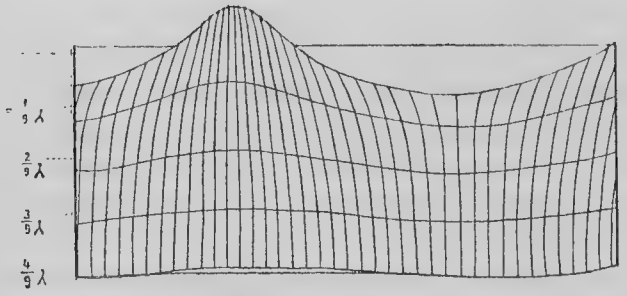
Фиг. 88. Вертикальное строеніе волны.

ной волны отношеніе ея высоты къ длинѣ взято на чертежѣ около 1 : 16 — 1 : 17, что̀ случается и въ природѣ. На томъ же чертежѣ показанъ пунктиромъ катящійся кругъ, и дана, пунктиромъ, циклоида, которая представляетъ предѣльную возможную волновую поверхность, переѣдя которую послѣдняя не можетъ оставаться сплошною, а разбивается на вершинѣ. На чертежѣ частицы вверху орбитъ идутъ направо, а потому и форма волны двигается направо.

Вертикальные столбцы частицъ, находящіеся дѣйствительно въ такомъ положеніи при спокойномъ состояніи жидкости, по установленіи волнообразнаго движенія переходятъ изъ положеній, обозначенныхъ на чертежѣ пунктирными линіями, въ кривыя, показанныя сплошными линіями, слегка изогнутыми вправо, къ вершинѣ волны.

Такимъ образомъ, то количество частицъ воды, какое содержала любая изъ вертикальныхъ полосъ ΔX, полностью переходитъ въ пространство, лежащее между соотвѣтственными изогнутыми вертикальными линіями. Послѣднія, сравнительно съ ихъ положеніемъ до волненія, въ правой половинѣ чертежа кверху сближаются (совершенно выклиниваясь только около вершины циклоиды), и потому естественно, что въ правой половинѣ чертежа частицы воды въ каждой вертикальной полосѣ поднимаются, а въ лѣвой половинѣ чертежа обратно—опускаются, потому что тутъ вертикальныя полосы кверху расширяются.

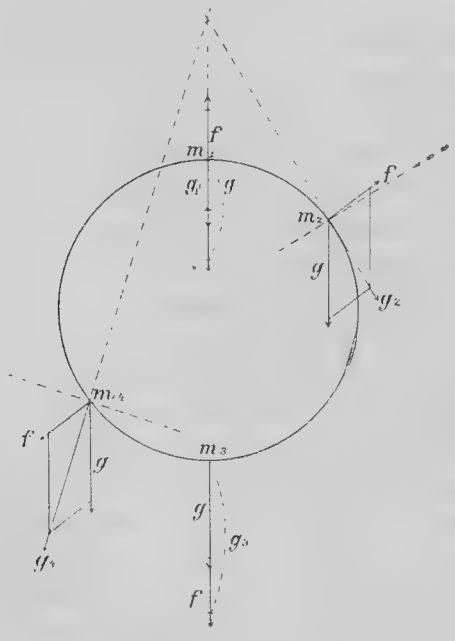
Каждый первоначальный прямоугольникъ, имѣвшій, при состояніи жидкости въ покоѣ, сѣченіе $\Delta H — \Delta X$, переходитъ въ ромбоидальную фигуру ABCD, площадь которой, при всѣхъ ея видоизмѣненіяхъ при движеніи волновой формы, остается равной первоначальному прямоугольнику и заключаетъ въ себѣ все тѣ же самыя частицы воды, которыя только все время различно перераспредѣляются, то поднимаясь выше своего уровня въ состояніи покоя, то опускаясь ниже его. При этомъ вертикальные столбцы частицъ колеблются около своего положенія при нахожденіи жидкости въ покоѣ, подобно упругимъ прутьямъ, укрѣпленнымъ своимъ основаніемъ на той глубинѣ, гдѣ волненіе прекращается. Въ каждый моментъ имѣются столбцы частицъ, занимающіе точно вертикальное положеніе, это столбцы, расположенные подъ подошвою или гребнемъ волны, всѣ остальные столбцы, расположенные между ними, будутъ наклонены къ гребню волны. Это хорошо видно на чертежахъ (фиг. 88 и 89). Таково внутреннее строеніе волны при установившемся волненіи, когда профиль волны на поверхности есть трохоида.



Фиг. 89. Вертикальное строеніе волны.

Какъ на 88-мъ чертежѣ, такъ и на фиг. 89 видно, что, при волнообразномъ движеніи воды, слои ея, имѣвшіе въ состояніи покоя вездѣ одинаковую толщину, при переходѣ ихъ въ трохоидальные слои становятся тоньше у подошвы и толще у гребня волны, это есть необходимое послѣдствіе перехода частицъ воды изъ состоянія покоя въ волнообразное движеніе. Только при подобномъ условіи и возможно, что слой, лежащій на нѣкоторой глубинѣ, въ каждой своей точкѣ будетъ испытывать одинаковое гидростатическое давленіе, т.-е. будетъ находиться въ покоѣ и имѣть горизонтальную поверхность, что и случается на глубинахъ, немного бо́льшихъ длины волны.

Только-что изложенное выше вытекаетъ изъ слѣдующихъ разсужденій. Пусть на чертежѣ (фиг. 90) окружность представляетъ орбиту частицы воды m на какой-либо глубинѣ, g — есть сила тяжести, выражающаяся въ вѣсѣ частицы m при отсутствіи кругового движенія; f — есть центробѣжная сила, образующаяся вслѣдствіе вращенія частицы m на орбитѣ. Въ точкѣ m_1 центробѣжная сила f направлена по радіусу вверхъ, а сила тяжести g — по радіусу внизъ, слѣдовательно, она уменьшена на всю величину центробѣжной силы, и вѣсъ частицы m_1 выразится величиною g_1, меньшею g. Въ точкѣ m_3, обратно, g_3 будетъ больше g; въ точкахъ, лежащихъ направо отъ линіи $m_1 - m_3$, вѣсъ частицы будетъ увеличиваться отъ m_1 къ m_3, а въ точкахъ окружности отъ m_3 до m_1 онъ будетъ уменьшаться. Слѣдовательно, въ верхней части орбиты, выше линіи ихъ центровъ, вѣса частицъ бываютъ меньше нормальнаго, а ниже той же линіи, они больше нормальнаго. Отсюда становится понятнымъ увеличеніе толщины слоевъ въ верхней части волны и уменьшеніе въ нижней.

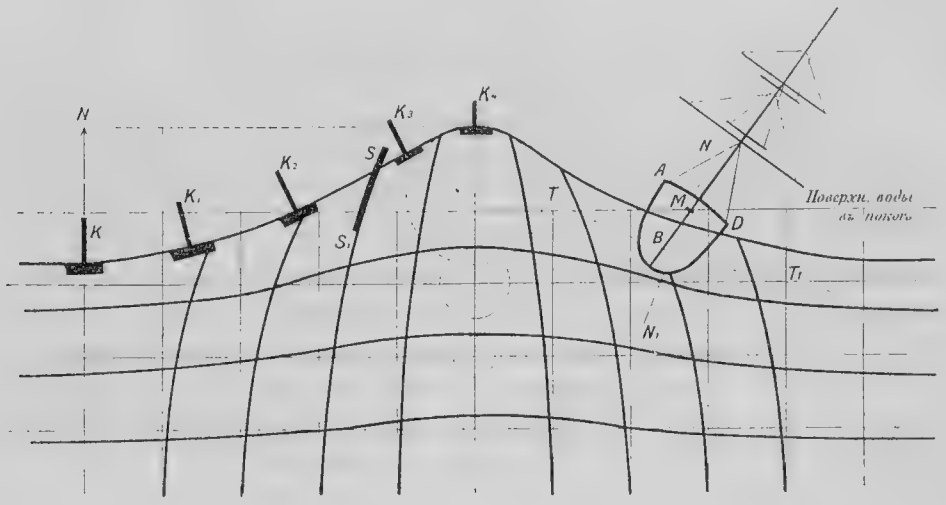


Фиг. 90. Кажущійся вѣсъ частицы на волненіи.

Изъ того же самаго разсужденія вытекаетъ еще другое слѣдствіе. По причинѣ вращенія частицы на орбитѣ, направленіе кажущейся силы тяжести все время измѣняетъ свое положеніе. Только на гребнѣ и у подошвы (g_1

и g_3) оно совпадаетъ съ отвѣсомъ, а въ другихъ точкахъ уклоняется отъ него вправо и влѣво (напр., въ m_2 это есть направленіе g_2, а въ $m_4 - g_4$). Поверхность жидкости всегда нормальна къ направленію силы тяжести въ данной точкѣ, а такъ какъ при волненіи трохоидальныя поверхности суть уровенныя поверхности, то, слѣдовательно, въ точкахъ m_2 и m_4 онѣ занимаютъ положеніе перпендикулярное къ кажущемуся направленію силы тяжести (на фиг. 90 къ линіямъ g_2 и g_4), на чертежѣ пунктирныя линіи въ точкахъ m_2 и m_4. Слѣдовательно, если предположить плавающимъ на поверхности волны столь маленькій поплавокъ, что онъ совпадаетъ съ поверхностью волны въ этомъ мѣстѣ (фиг. 91), тогда мачта поплавка будетъ принимать въ каждой точкѣ положеніе нормали къ трохоидѣ—k, k_1, k_2, k_3, k_4, и только у подошвы и на гребнѣ волны мачта будетъ вертикальна.

Если вмѣсто поплавка опустить шестъ съ грузомъ внизу, то онъ будетъ плавать вертикально, совпадая съ направленіями вертикальныхъ столбцовъ частицъ воды, наклоняясь всегда къ вершинѣ волны, какъ на чертежѣ $S - S_1$.



Фиг. 91. Положеніе поплавковъ и корабля на волнѣ.

Корабль своими мачтами на волненіи также уклоняется отъ отвѣсной линіи, но такъ какъ корабль не можетъ быть приравненъ къ поплавку, потому что онъ лежитъ не на одной поверхностной трохоидѣ, а вымѣщаетъ цѣлый рядъ ихъ, и въ ширину онъ также занимаетъ большое мѣсто, то его мачты стремятся занять положеніе нормальное къ нѣкоторой трохоидѣ, лежащей ниже поверхностной (на чертежѣ пункт. линія $T - T_1$), и только на гребнѣ и у подошвы волны мачты расположены вертикально. Въ дѣйствительности же, вслѣдствіе качки, корабль все время колеблется около линіи NN_1 нормальной къ трохоидѣ $T - T_1$. Человѣкъ, находясь на палубѣ корабля, подверженъ вліянію тѣхъ же силъ, что и корабль и поплавокъ, и потому онъ старается на качкѣ занять положеніе не отвѣсное, а близкое къ нормальному къ поверхности волны. Это обстоятельство, какъ далѣе будетъ указано (см. стр. 255), и есть причина, затрудняющая измѣреніе высотъ волнъ въ океанѣ.

Разсмотрѣніе на всѣхъ приложенныхъ чертежахъ (фиг. 85, 86, 87, 88 и 89) изгибовъ трохоиды приводитъ къ выводу, что кривизна трохоиды въ разныхъ точкахъ ея не

одинакова, а слѣдовательно, и крутизна ея въ разныхъ точкахъ различная. Ниже полувысоты волна полога, крутизна возрастаетъ отъ полувысоты къ вершинѣ, и она наибольшая почти по серединѣ между этими точками.

Уголъ наибольшей крутизны находится по выраженію:

$$\mathrm{Sin}\ \alpha^\circ = \frac{r}{R} = \frac{2\pi r}{2\pi R} = \frac{2\pi r}{\lambda} = 6{,}2832\,\frac{r}{\lambda} = 6{,}2832\,\frac{h}{2\lambda} = 3{,}1416\,\frac{h}{\lambda}$$

гдѣ r — есть радіусъ орбиты на поверхности, R — радіусъ катящагося круга, h — высота волны, λ — длина волны.

По малости угла α° вмѣсто его *Sin* можно подставить самый уголъ въ градусахъ; тогда все выраженіе обратится въ:

$$\alpha^\circ = 180^\circ \times \frac{h}{\lambda}$$

Примѣръ.—Наибольшая наблюдавшаяся волна имѣла $\lambda = 824$ м., $h = 15$ м. Отсюда уголъ наибольшей крутизны α° будетъ 3°,4.

Обыкновенныя штормовыя волны имѣютъ длину въ 100 м., высоту 5 м., отсюда ихъ уголъ наибольшей крутизны будетъ 9°. Обыкновенное волненіе длиною въ 80 м. и высотою въ 2,5 м. имѣетъ $\alpha^\circ = 5^\circ{,}5$. (Человѣческій глазъ начинаетъ замѣчать уклонъ къ горизонту только съ 17′).

Способы наблюденія элементовъ волнъ.—Какъ выше указано, изъ четырехъ элементовъ волны, три—періодъ, длина и скорость связаны между собою опредѣленною зависимостью, поэтому можно наблюдать только двѣ изъ этихъ величинъ, а третью получать вычисленіемъ, но лучше опредѣлять всѣ три элемента независимо для провѣрки одной величины другою. Высота же наблюдается отдѣльно.

I.—*Корабль стоитъ на якорѣ.*—Для опредѣленія періода τ наблюдатель становится въ какой-либо точкѣ на палубѣ и наблюдаетъ моменты прохожденія послѣдовательныхъ волнъ черезъ какую-нибудь постоянную точку на борту корабля. Среднее изъ нѣсколькихъ промежутковъ будетъ періодъ τ.

Для опредѣленія скорости движенія волны, два наблюдателя (можетъ и одинъ, но это труднѣе) размѣщаются на концахъ линіи вдоль палубы корабля, величина коей l извѣстна, и наблюдаютъ моменты прохожденія одного и того же гребня черезъ линіи ихъ зрѣнія, избранныя перпендикулярно килю корабля. Взявъ среднее изъ нѣсколькихъ наблюденныхъ промежутковъ времени пробѣганія волною длины l, напримѣръ t^c, получаютъ искомую скорость V.

$$V = \frac{l}{t}$$

Для опредѣленія длины волны, при условіи, что волны короче корабля, наблюдатели расходятся вдоль палубы такъ, чтобы одновременно находиться противъ линій двухъ сосѣднихъ гребней. Разстояніе между ними и будетъ длина волны λ.

Если волны длиннѣе корабля, то λ можно получить по формулѣ

$$\lambda = V\tau$$

или можно λ наблюдать непосредственно, выпуская съ кормы лагъ, т.-е. поплавокъ, привязанный къ линю съ дѣленіями, пока секторъ лага не окажется за кормой на гребнѣ волны въ тотъ моментъ, когда гребень слѣдующей волны будетъ у кормы корабля. Длина вытравленнаго лаглиня и будетъ искомая λ. Если волны небольшія, то можно отпускать секторъ лага на 5—10 волну.

Для нахожденія высоты волны, если она значительная, наблюдатель избираетъ такое мѣсто на кораблѣ, гдѣ бы въ моментъ нахожденія корабля у подошвы волны, т.-е. когда корабль расположенъ вертикально (см. выше фиг. 91), глазъ находился бы на линіи, проходящей черезъ гребни двухъ послѣдовательныхъ волнъ, былъ бы съ ними на створѣ; или, еще лучше, если глазъ будетъ впдѣть на одной линіи гребень ближайшей волны и горизонтъ. Разстоянія наблюдателя въ этотъ моментъ отъ ватерлиніи корабля дастъ высоту волны h.

При волнахъ меньшаго размѣра наблюдатель, опускаясь по кораблю, находитъ соотвѣтствующее мѣсто для своего глаза.

Существуютъ приборы для наблюденія высоты волнъ; изъ нихъ наилучшій Фруда. Онъ основанъ на законѣ уменьшенія радіусовъ орбитъ частицъ съ увеличеніемъ глубины. Приборъ состоитъ (фиг. 92) изъ рейки A съ дѣленіями, у нижняго конца коей привѣшенъ грузъ B для балласта. Отъ груза идетъ тонкій линь C къ кораблю, а за нижнюю часть груза укрѣпленъ тросъ D такой длины, чтобы площадка E находилась уже въ области, не возмущенной волненіемъ воды. Площадка состоитъ изъ рамы

Фиг. 92.
Приборъ Фруда.

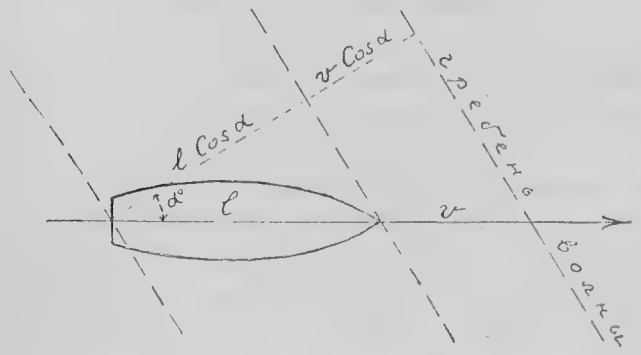
съ натянутою на ней парусиною; подъ нею подвѣшенъ лотъ F такого вѣса, чтобы вся система имѣла достаточный запасъ пловучести. Приборъ такъ прость, что его легко сдѣлать и на суднѣ. При наблюденіяхъ остается замѣчать дѣленія на рейкѣ A при прохожденіи черезъ нее вершины и подошвы волны. Конечно, примѣнять такой приборъ можно только для наблюденія волнъ не очень большихъ размѣровъ.

Наконецъ высоту волнъ можно измѣрять еще при помощи чувствительнаго анероида (напр., Гольдшмита), отсчитывая его показанія у подошвы и на вершинѣ волны. Этотъ способъ пригоденъ для большихъ волнъ и дастъ достаточно точные результаты при условіи, чтобы корабль былъ небольшого тоннажа и, слѣдовательно, близко слѣдилъ бы за поверхностью волны; т.-е. его собственный періодъ долженъ быть малъ; точность опредѣленій около 1 метра. Во всякомъ случаѣ, при этомъ наблюдатель долженъ находиться около средины корабля, чтобы избѣжать вліянія качки на отсчеты.

Вообще и при обыкновенномъ способѣ опредѣленія высоты волнъ, наблюдая совмѣщенія гребней съ горизонтомъ, нужно также помѣщаться посреди̇ѣ корабля.

II. — *Корабль идетъ подъ угломъ къ линіи гребней волнъ.* — Если корабль идетъ и, какъ чаще всего бываетъ, курсъ его составляетъ какой-нибудь уголъ α° съ перпендикуляромъ къ линіи гребней, то оба эти условія необходимо принять во вниманіе для полученія истинныхъ величинъ элементовъ волны.

Для опредѣленія скорости два наблюдателя размѣщаются на концахъ измѣренной по палубѣ линіи l и наблюдаютъ моменты прохожденія того же гребня волны черезъ линію ихъ визированія, расположенную перпендикулярно килю корабля. Взявъ среднее изъ наблюденныхъ промежутковъ времени пробѣганія волною длины l, получаютъ t^s. На чертежѣ (фиг. 93)



Фиг. 93. Опредѣленіе скорости, періода и длины волны.

предполагается, что разстояніе l пробѣгается волною въ промежутокъ времени t. Такъ какъ корабль идетъ подъ угломъ α къ линіи перпендикулярной гребнямъ волнъ, т.-е. къ направленію ихъ движенія, то, чтобы принять во вниманіе уклоненіе курса отъ направленія движенія волнъ, необходимо найти проекцію разстоянія l и скорости корабля v на направленіи движенія волнъ; для чего обѣ величины умножаютъ на $\mathrm{Cos}\ \alpha$

$$l\ \mathrm{Cos}\ \alpha \text{ и } v\ \mathrm{Cos}\ \alpha$$

Если бы корабль не двигался, то искомая скорость волнъ нашлась бы изъ выраженія

$$\mathrm{V} = \frac{l}{t}\ \mathrm{Cos}\ \alpha$$

но, такъ какъ корабль двигается по линіи своего курса со скоростью v, а по линіи движенія волнъ — со скоростью $v\ \mathrm{Cos}\ \alpha$, то истинная скорость волнъ найдется, если къ вышеприведенному выраженію присоединимъ относительную скорость корабля $v\ \mathrm{Cos}\ \alpha$ съ соотвѣтствующимъ знакомъ

$$\mathrm{V} = \left[\frac{l}{t} \pm v\right] \mathrm{Cos}\ \alpha$$

Знакъ плюсъ берутъ, если корабль идетъ въ ту же сторону, куда и волненіе; а знакъ минусъ, когда корабль идетъ навстрѣчу волненію.

Для нахожденія длины волны можно использовать тѣ же наблюденія. Каждый изъ двухъ наблюдателей замѣчалъ моменты прохожденія нѣсколькихъ послѣдовательныхъ гребней черезъ свою линію визированія; изъ сравненія этихъ моментовъ получится рядъ промежутковъ, каждый изъ нихъ представляетъ относительный періодъ волны (если бы корабль шелъ перпендикулярно гребнямъ, то эти промежутки были бы истинные періоды), взявъ среднее изъ промежутковъ обоихъ наблюдателей, получаютъ средній относительный періодъ волны — τ_1.

Относительная скорость движенія волнъ на направленіи линіи движенія гребней, очевидно, есть

$$\frac{l}{t}\ \mathrm{Cos}\ \alpha$$

Отсюда, пользуясь извѣстною уже зависимостью между длиною, скоростью и періодомъ волны (см. стр. 238), имѣемъ

$$\lambda = \frac{l}{t} \operatorname{Cos} \alpha \, \tau_1 = l \operatorname{Cos} \alpha \frac{\tau_1}{t}$$

Иногда опредѣляютъ длину волны на ходу, выпуская за корму лагъ, пока секторъ его не окажется на гребнѣ слѣдующей волны, а корма будетъ на гребнѣ предыдущей. Умноживъ полученную длину лаглиня на Cos α, получаютъ λ. При значительной величинѣ угла α этотъ способъ даетъ большую погрѣшность.

Найдя истинныя величины длины волны — λ и скорости распространенія ея — V, получаютъ истинный періодъ вычисленіемъ; а именно:

$$\tau = \frac{\lambda}{V} = \frac{l \operatorname{Cos} \alpha \frac{\tau_1}{t}}{\left[\frac{l}{t} \pm v\right] \operatorname{Cos} \alpha} = \frac{l \tau_1}{l \pm v t}$$

Высота волны наблюдается на ходу корабля такъ же, какъ и на якорѣ.

Опытъ показываетъ, что указанные способы даютъ точность до $\pm$ 0,1 искомыхъ величинъ, конечно, если наблюдатели будутъ часто практиковаться, потому что производить наблюденія элементовъ волненія въ открытомъ морѣ не легко. Если корабль можетъ на время наблюденій измѣнять свой курсъ на перпендикулярный гребнямъ волнъ, то этимъ очень облегчаются наблюденія, и точность ихъ увеличивается.

Въ послѣднее время были сдѣланы попытки примѣнить къ изслѣдованію волнъ фотограммометрическій способъ, снимая волновую поверхность моментально и одновременно двумя камерами, расположенными на концахъ базиса на палубѣ корабля. Затѣмъ при помощи особаго прибора — стереокомпаратора, куда вставлялись оба сдѣланныхъ снимка, отыскивались на обоихъ снимкахъ соотвѣтственныя точки поверхности волны и опредѣлялось ихъ положеніе, а затѣмъ строился планъ снятой части моря въ горизонталяхъ черезъ полъ-метра вертикальнаго сѣченія. Сдѣлавъ рядъ обстоятельно избранныхъ вертикальныхъ сѣченій плана, получаютъ профили волнообразной поверхности моря, а изъ нихъ средній профиль, который и изслѣдуется.

Такого рода изслѣдованій волненія сдѣлано до сихъ поръ очень мало, одна попытка была сдѣлана около м. Горна и другая на суднѣ

Planet въ южномъ Индійскомъ океанѣ на границѣ и въ области SE пассата, гдѣ было измѣрено шесть волнъ. Никакихъ рѣшающихъ результатовъ, конечно, и не могло быть получено при такомъ маломъ числѣ наблюденій, они во многихъ отношеніяхъ сходятся съ результатами наблюденій, сдѣланныхъ обычнымъ способомъ. Среднія профили, такимъ путемъ полученныя, довольно близки къ трохоидальнымъ, выведенныя же отсюда движенія частицъ на орбитахъ не особенно хорошо подходили къ круговымъ или эллиптическимъ орбитамъ.

Кромѣ опредѣленія элементовъ волнъ, при наблюденіяхъ ихъ отмѣчаютъ еще и степень или силу волненія на глазъ по особой шкалѣ, установленной на международной метереологической конференціи въ Лондонѣ въ 1874 г. Шкала волненія десятибалльная, 0 соотвѣтствуетъ штилю и совершенно гладкому, покойному морю, а 9 — волненію чрезвычайной силы.

Баллы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Высота волнъ въ метрахъ. . . .	0	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	6—7	8—9	10—15	>15

Характеръ волненія въ открытомъ океанѣ.—Трохоидальная теорія волненія разбираетъ такъ называемое установившееся волненіе—зыбь, въ океанѣ же и въ моряхъ гораздо чаще наблюдаются обыкновенныя вѣтровыя волны, далеко не имѣющія правильности, соотвѣтствующей теоретическимъ представленіямъ. При теоретическомъ разсмотрѣніи вопроса не принимается вовсе во вниманіе внутреннее треніе въ жидкости (вязкость), а также продолжительное дѣйствіе вѣтра на поверхность взволнованной воды и треніе его о воду, возбуждающее поступательное движеніе верхнихъ слоевъ, все это вмѣстѣ чрезвычайно усложняетъ явленіе волненія въ открытомъ морѣ. Поблизости же береговъ и въ недостаточно глубокихъ моряхъ, гдѣ глубина сравнительно съ размѣрами волнъ невелика и слѣдовательно не соотвѣтствуетъ теоретическому представленію о томъ трохоидальной теоріи, характеръ волненія также измѣняется.

Пусть на поверхность воды въ спокойномъ состояніи подѣйствовалъ вѣтеръ; движеніе воздуха вдоль водной поверхности заставитъ поверхностный слой начать двигаться по тому же направленію. Вслѣдствіе существованія внутренняго тренія, и нижележащіе слои воды начнутъ увлекаться въ поступательное движеніе, и наконецъ должно было бы

установится равномѣрное поступательное движеніе нѣкотораго слоя жидкости со скоростью, убывающею сверху внизъ. Такое движеніе, конечно, должно вывести поверхность жидкости изъ горизонтальнаго положенія, потому что къ силѣ тяжести присоединилась еще сила вѣтра.

Очевидно, подобная наклонная поверхность на сколько-нибудь значительномъ протяженіи океана или моря не можетъ существовать, такъ какъ вѣтеръ никогда не сохраняетъ одинаковой скорости и направленія; постоянныя же измѣненія въ движеніи воздуха приведутъ къ образованію въ верхнемъ слоѣ воды безчисленнаго множества такихъ наклонныхъ поверхностей, соединенныхъ другъ съ другомъ разными кривыми поверхностями. Образовавшаяся такимъ путемъ неровная водная поверхность, подъ вліяніемъ постоянныхъ небольшихъ перемѣнъ въ силѣ и направленіи вѣтра, быстро преобразуется въ волнообразную съ колебательнымъ движеніемъ частицъ воды, въ которомъ послѣднія будутъ описывать орбиты такого рода, чтобы на поверхности движеніе частицъ удовлетворяло совокупному дѣйствію на нихъ силы тяжести, вѣтра, вязкости и инерціи. Очевидно, при этихъ условіяхъ колебательное движеніе частицъ будетъ иное, нежели при установившемся волненіи.

Какъ только образовались первыя (капиллярныя) волны, вѣтеръ тотчасъ начинаетъ сильнѣе дѣйствовать на гребни, ускоряя въ этомъ мѣстѣ движеніе частицъ на орбитахъ и замедляя его у подошвъ; при дальнѣйшемъ усиленіи вѣтра будутъ увеличиваться и колебательныя движенія частицъ. При этомъ внутреннее треніе (вязкость) жидкости будетъ быстрѣе уничтожать колебанія частицъ меньшаго періода, нежели большаго, почему изъ хаоса разнообразныхъ волнъ, образованныхъ усиліями того же вѣтра, постепенно выдѣлятся болѣе значительныя волны, которыя и образуютъ нѣкоторую, болѣе или менѣе правильную, систему волненія.

Опредѣленной силѣ вѣтра должны соотвѣтствовать и опредѣленные размѣры волненія, и потому, если вѣтеръ держится нѣкоторое время достаточно постояннымъ надъ данною частью океана, то устанавливается и волненіе *). Однако при этомъ никогда поверхность волнъ не бываетъ гладкая, правильная, какъ при зыби; хотя бы вѣтеръ и волненіе и уста-

*) Попытки найти аналитическое выраженіе зависимости между силою вѣтра и величинами элементовъ волны пока не дали еще хорошихъ результатовъ по малости числа хорошихъ наблюденій волненія и вѣтра и недостаточной еще ихъ точности. Между тѣмъ наблюденія показываютъ, что волненіе всегда устанавливается по силѣ вѣтра, какъ это, напримѣръ, видно въ областяхъ пассатовъ или постоянныхъ NW вѣтровъ въ южныхъ высокихъ широтахъ.

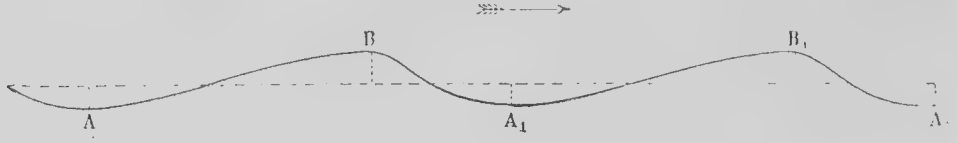
новились, но все же вѣтеръ всегда производитъ на поверхности главныхъ волнъ рядъ второстепенныхъ, а на поверхности послѣднихъ—рядъ болѣе мелкихъ—третьестепенныхъ и т. д. Второстепенныя волны, нарастая, сливаются съ главными, третьестепенныя переходятъ во второстепенныя, и т. д., почему и получается разнообразіе характера среди главныхъ волнъ, которыя бываютъ то больше, то меньше. Нѣсколько волнъ подъ рядъ, три-четыре, имѣютъ почти одинаковые періоды и размѣры, затѣмъ появляется волна, только-что слившаяся съ наростью на ней же второстепенною и потому большаго размѣра, а далѣе нѣсколько совершенно неправильныхъ волнъ и снова двѣ-три одинаковыя *).

Стоитъ вѣтру стихнуть, и всѣ возбужденыя имъ системы волнъ сперва преобразовываются въ правильной формы зыбь разныхъ размѣровъ, а затѣмъ внутреннее треніе скоро успокаиваетъ волны меньшихъ размѣровъ, и остается зыбь, преобразовавшаяся изъ главныхъ волнъ, пока и она, медленно убывая, постепенно не перейдетъ въ состояніе покоя.

По мѣрѣ того, какъ волненіе подъ дѣйствіемъ вѣтра нарастаетъ, измѣняются и его элементы и притомъ не пропорціонально, особенно длина и высота. Отношеніе h къ λ при увеличеніи волненія убываетъ, потому что длина λ возрастаетъ быстрѣе высоты h.

Когда вѣтеръ стихъ, то въ образовавшейся зыби отношеніе $h:\lambda$ продолжаетъ убывать вслѣдствіе вліянія внутренняго тренія жидкости. Такимъ образомъ волны бываютъ всего круче въ началѣ своего образованія и положе въ установившемся волненіи.

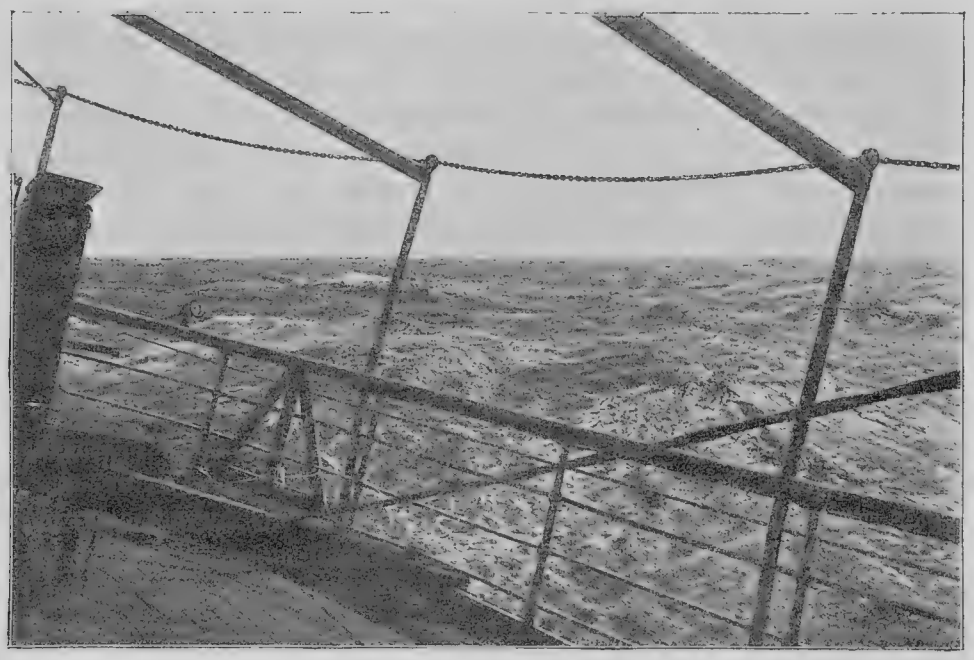
Подъ вліяніемъ вѣтра при волненіи не только образуется поверхностное поступательное движеніе воды, но и форма волнъ теряетъ ту симметричность, какая наблюдается при зыби. Навѣтренный склонъ волны



Фиг. 94. Видъ вѣтровыхъ волнъ.

AB (фиг. 94) становится пологимъ, а подвѣтренный BA_1 — крутымъ. Наконецъ подъ вліяніемъ вѣтра, дѣйствующаго сильнѣе на гребни волнъ, частицы воды на вершинѣ волны двигаются быстрѣе на своихъ орбитахъ, опережаютъ ниже ихъ лежащія и разсыпаются, образуя бѣлыя,

*) Отсюда и получился предразсудокъ о девятомъ валѣ.



Фиг. 95. Сильное волненіе. Индійскій океанъ, 40° ю. ш., 75°30′ в. д.

пѣнистыя полосы (барашки). При вѣтрѣ большой силы и гребни срываются сильнѣе и обладаютъ большею массою воды и большею силою удара при встрѣчѣ съ какимъ-либо препятствіемъ (напр., бортомъ корабля).

Хорошее представленіе о характерѣ взволнованной поверхности океана въ штормовую погоду даютъ слѣдующая фотографія (фиг. 95) и другая, помѣщенная на заглавной страницѣ; послѣдній снимокъ сдѣланъ въ болѣе свѣжую погоду. На первомъ рисункѣ, гдѣ глазъ наблюдателя помѣщенъ выше, хорошо видно, что, несмотря на сильное волненіе, линія горизонта все-таки почти прямая; то же и на второмъ рисункѣ, гдѣ особенно хорошо видны второстепенныя волны, образующіяся на поверхности главныхъ.

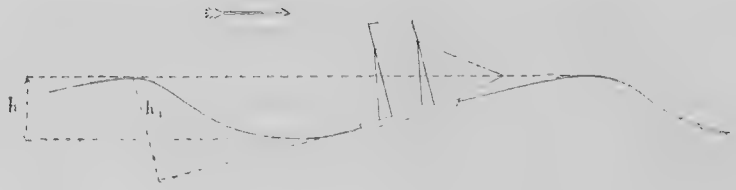
Результаты наблюденій волнъ въ открытомъ океанѣ. — Наибольшій рядъ наблюденій надъ волненіемъ въ открытомъ океанѣ принадлежитъ морякамъ французскаго военнаго флота и особенно лейтенанту Пари, сдѣлавшему въ теченіе трехлѣтняго плаванія около 4.000 наблюденій (въ 1867—70 гг.). Подобныя же наблюденія производились англичанами, американцами, русскими и нѣмцами.

Всѣ эти наблюденія въ среднемъ выводѣ показываютъ, что наибольшіе размѣры вѣтровыхъ волнъ въ открытомъ океанѣ встрѣчаются въ южномъ полушаріи въ той области Мірового океана, гдѣ сплошное водное кольцо охватываетъ землю, и гдѣ суша, даже и въ видѣ острововъ, находится далеко, не стѣсняя волненія (см. далѣе стр. 259). Въ этой области наблюдались волны до 400 м. длины (1.300 ф.) и до 10—11, быть-можетъ, 12—13 м. высоты (33 ф.—36 ф.—40 ф.—45 ф.), съ періодами до 17—18 сек. и скоростью распространенія до 14—15 м. въ секунду, иногда и болѣе (до 22 м. въ с.).

Въ 1913 г. профессоръ Николаевской Морской Академіи ген.-лейт. А. Н. Крыловъ 22-го Марта въ Атлантическомъ океанѣ наблюдалъ къ NE отъ о-ва Мадеры съ 8 утра и до 6 ч. вечера зыбь, шедшую отъ N при мертвомъ штилѣ. Волны были длиною до 185 м. (600 ф.), а высотою около 9 м. (30 ф.) съ періодомъ въ 12 с., откуда скорость распространенія получается 15 м. въ сек. (50 ф.). Волненіе было развелено циклономъ, прошедшимъ по сѣверной части океана, такимъ образомъ волны отъ мѣста своего возникновенія пробѣжали разстояніе около 1.800 морскихъ миль въ 48 час. Другое наблюденіе было сдѣлано А. Н. Крыловымъ 27-го Марта 1913 г. въ 30 миляхъ на западъ отъ м. Финистерра. Шквалъ налетѣлъ сразу отъ SW и перешелъ въ WSW; онъ развелъ къ 5 ч. дня громадное волненіе, длина волнъ была 274 м. (900 ф.) при высотѣ въ 12—13,7 м. (40—45 ф.).

Но такія штормовыя волны рѣдки, онѣ чаще случаются при особенно сильныхъ NW штормахъ въ южныхъ широтахъ, обыкновенныя же штормовыя волны имѣютъ меньшіе размѣры: длину около 150 м. (490 ф.), высоту около 7—8 м. (23—26 ф.), періодъ около 7—8 с. и скорость распространенія около 17—18 м. въ сек. (56—60 ф.). У такихъ волнъ отношеніе высоты къ длинѣ около 1:19; вообще это отношеніе въ океанскихъ волнахъ не бываетъ больше 1:13 (Парн) и колеблется отъ 1:15 до 1:35. Уголъ наибольшей крутизны обыкновенно 7°—8°, въ южныхъ широтахъ, случается, доходитъ до 10°—12°. Такимъ образомъ, штормовыя волны очень пологи.

Отмѣчавшіяся въ прежнее время особенно большія высоты волнъ до 60—100 ф. преувеличены наблюдателями, что̀ весьма легко можетъ быть, если корабль въ моментъ опредѣленія высоты волны не будетъ находиться у подошвы, а въ нѣкоторомъ удаленіи отъ нея, на склонѣ волны. На чертежѣ (фиг. 96) изображены—профиль обыкновенной вѣ-

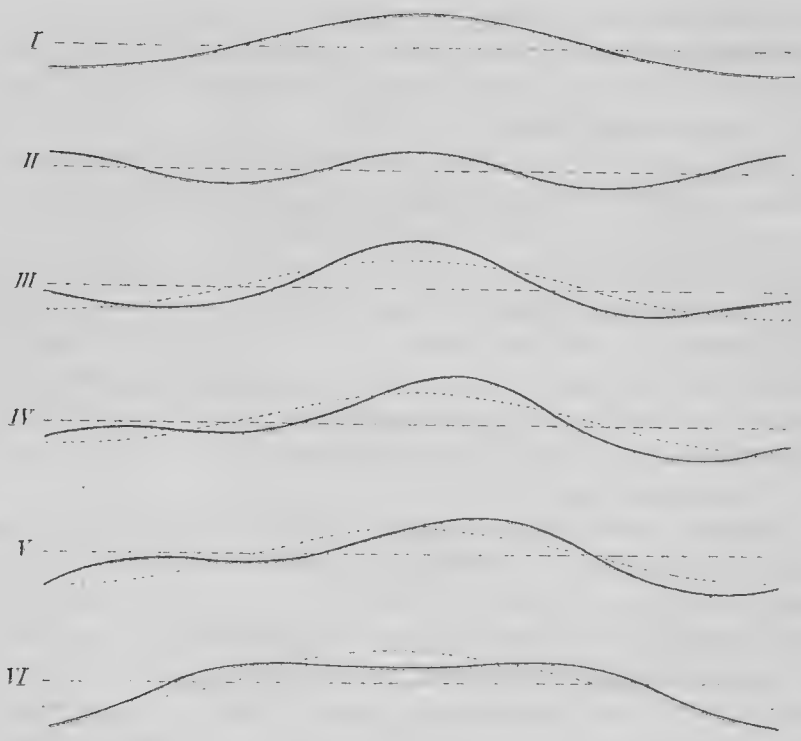


Фиг. 96. Происхожденіе ошибочныхъ опредѣленій высотъ волнъ.

тровой волны и корабль на склонѣ волны. Наблюдателю нормаль въ волнѣ всегда кажется отвѣсною линіей, поэтому, предполагая себя у подошвы волны, тогда какъ въ дѣйствительности онъ находится на склонѣ ея, наблюдатель легко можетъ принять высоту волны равною h_1 вмѣсто дѣйствительной и меньшей, равной h.

Другое затрудненіе, встрѣчаемое при наблюденіи волненія, заключается въ очень часто бывающей въ океанѣ интерференціи волненія. Одно волненіе еще не успокоилось, какъ появляется другое, идущее подъ угломъ первому; при этомъ могутъ получаться самые разнообразные случаи интерференціи, совершенно нарушающіе правильность волненія.

На чертежѣ (фиг. 97) подъ нумеромъ I изображена волна длиною въ 122 м. (пунктиръ есть уровень спокойной воды) и 6 м. высоты, имѣющая періодъ около 12,5 с. и скорость около 14 м. въ сек., а подъ № II волна длиною въ 60 м., высотою 3,5 м., съ періодомъ около 6 с. и скоростью распространенія около 10 м. въ сек. Пусть направленія движенія волнъ совпадаютъ, тогда волны, обладая разною скоростью, будутъ различнымъ образомъ накладываться одна на другую, образуя сложныя волны. Напримѣръ, подъ № III изображено сочетаніе этихъ волнъ, когда короткая и длинная волны совпали своими вершинами (кривая тонкимъ пунктиромъ есть профиль волны I). Высота сложной волны тогда увеличится до 7,9 м., а длина уменьшится до 90 м. Такъ какъ длинная волна идетъ скорѣе на 4 м. въ сек., то всего черезъ 2,5 сек. послѣ положенія III, сложная волна приметъ видъ IV, получится два гребня рядомъ, одинъ налѣво, высотою 1,5 м., другой направо—9 м., а разстояніе между ними будетъ всего 60 м. Еще черезъ 4 сек. получится волна V, а черезъ 8 сек. положеніе VI, когда на мѣстѣ вершины длинной волны окажется подошва волны съ высотою послѣдней всего въ 1 м., а длина волны между этими двумя гребнями будетъ всего 50 м., тогда какъ слѣдующія волны будутъ до



Фиг. 97. Результатъ интерференціи волнъ, идущихъ по тому же направленію.

7,5 м. высотою. При пересѣченіи двухъ или нѣсколькихъ системъ волнъ по разнымъ направленіямъ интерференція будетъ еще сложнѣе.

Отсюда видно, какія бываютъ затрудненія при наблюденіи элементовъ волнъ въ морѣ. Ряды правильныхъ волнъ встрѣчаются рѣдко, и, чтобы ихъ не пропустить, необходимо отдать много времени наблюденіямъ надъ волненіемъ и пріобрѣсти большой навыкъ въ нихъ. Въ этомъ отношеніи первенство среди наблюдателей волнъ принадлежитъ лейтенанту французскаго флота Пари, который во время трехлѣтняго плаванія наблюдалъ волненіе въ теченіе 205 дней и сдѣлалъ за это время 4.000 наблюденій. Количество наблюденій другихъ лицъ (Шоттъ, Скоресби, Эберкромби и др.) разъ въ 100—50 меньше. Наблюденія Пари сдѣланы на судахъ (*Duplcix* и *Minerva*) прежняго времени *), ходившихъ много медленнѣе современныхъ, и потому стоячія волны, всегда образующіяся отъ хода корабля и сопровождающія его, нарушая тѣмъ са-

*) Оба эти судна были парусныя съ вспомогательнымъ винтовымъ двигателемъ.

мымъ характеръ наблюдаемаго волненія около судна, были гораздо меньше тѣхъ, какія получаются при современныхъ большихъ судахъ и значительныхъ скоростяхъ хода. Поэтому наблюденія Пари долго еще будутъ представлять особенно цѣнный матеріалъ.

Иногда случается, что въ какой-либо части океана появляется волненіе, несоотвѣтствующее ни силѣ, ни направленію вѣтра; такое волненіе приходитъ изъ другого мѣста океана, нерѣдко за тысячи миль, гдѣ оно было возбуждено штормовымъ вѣтромъ. Обстоятельство, что вѣтеръ, возбудившій волненіе и обладающій гораздо большею скоростью, нежели волненіе, не распространяется такъ далеко, какъ волненіе, обусловливается тѣмъ, что штормовые вѣтры принадлежатъ къ циклоническимъ областямъ, гдѣ они дуютъ по спиралямъ къ центру циклона, а волненіе, возбужденное ими, свободно распространяется во всѣ стороны, не стѣсняясь областью циклона.

Причина, почему въ южномъ полушаріи, гдѣ океанъ охватываетъ всю землю, встрѣчаются наибольшіе размѣры волненія, зависитъ не только отъ отсутствія стѣсненія волненія берегами, но также и отъ характера вѣтровъ. Тамъ господствуютъ свѣжіе NW и W вѣтры, дующіе почти съ правильностью пассата, нерѣдко доходящіе до силы шторма, сохраняя все то же направленіе, потому тамъ и волны достигаютъ наибольшаго развитія, сравнительно съ болѣе узкими и стѣсненными сѣверными частями океановъ, гдѣ штормовые вѣтры принадлежатъ всегда къ циклоническимъ областямъ и слѣдовательно при передвиженіи циклона постоянно измѣняютъ свое направленіе въ томъ же мѣстѣ, и потому они не могутъ усиливать волненіе по первоначальному направленію.

Изъ всѣхъ имѣющихся наблюденій вытекаетъ, что высота волны есть самый непостоянный элементъ. Она быстро возрастаетъ съ усиленіемъ вѣтра и такъ же быстро и убываетъ, когда вѣтеръ стихаетъ.

Длина волнъ также подвержена значительнымъ измѣненіямъ, особенно въ началѣ возникновенія волненія (см. стр. 253 по серединѣ), когда волны бываютъ всего круче, по мѣрѣ же увеличенія продолжительности шторма длина ихъ увеличивается; но разъ достигнутая длина долго сохраняется и по успокоеніи вѣтра.

Наиболѣе постоянный элементъ это скорость; она мало измѣняется и долго сохраняется даже, когда вѣтеръ успокоился и вѣтровыя волны перешли въ зыбь, или когда волны въ своемъ распространеніи вышли изъ области возбудившаго ихъ вѣтра.

Измѣненіе величины періода находится въ зависимости отъ длины и скорости; съ увеличеніемъ послѣднихъ возрастаетъ и онъ.

Все вышеизложенное относится къ установившимся вѣтровымъ волнамъ, кромѣ которыхъ въ океанахъ и моряхъ встрѣчается еще совершенно правильная форма волненія — зыбь. Она образуется или если вѣтеръ, поднявшій волненіе, заштилѣлъ, или если волненіе отъ мѣста своего возникновенія распространилось на такую область, гдѣ вѣтеръ или очень слабый или совсѣмъ штиль, въ послѣднемъ случаѣ сразу получается совершенно не нарушенная трохоидальная поверхность волненія.

Зыбь, какъ и вѣтровыя волны, бываетъ весьма различныхъ размѣровъ, но крайнія наибольшія величины, до которыхъ доходятъ ея элементы, бываютъ очень велики. Самая огромная волна зыби была наблюдена французскимъ морскимъ офицеромъ Моттецъ недалеко къ сѣверу отъ экватора въ Атлантическомъ ок. около 28° з. д., она имѣла 824 м. въ длину и періодъ въ 23 с., а скорость распространенія была 35,8 м. въ сек., т.-е. 70 морск. миль въ часъ. Зыбь нерѣдко распространяется на громадныя пространства океана и, обладая большими скоростями распространенія, успѣваетъ въ короткій срокъ 2—3 сутокъ пересѣкать океанъ, сохраняя свою большую длину и большой періодъ. Запасъ энергіи такъ великъ, что въ подобныхъ случаяхъ внутреннее треніе не можетъ его израсходовать, и только встрѣча съ берегами окончательно поглощаетъ остатокъ энергіи.

Мѣстами зарожденія подобной громадной зыби являются главнымъ образомъ пояса океановъ около 40°—50° сѣверныхъ и южныхъ широтъ, гдѣ осенью, зимою и раннею весною господствуютъ штормовые циклоны, разводящіе огромное волненіе. Оттуда зыбь расходится во всѣ стороны, и, какъ обычное явленіе, она достигаетъ экваторіальной штилевой полосы.

Атлантическій океанъ богаче такого рода наблюденіями, и тамъ подобная зыбь часто отмѣчалась въ штилевой полосѣ; зимою сѣв. полушарія тамъ наблюдается сильная зыбь отъ NW, а лѣтомъ сѣв. пол. — отъ SW. Т.-е. зимою зыбь отъ волненія, возбужденнаго штормовыми циклонами въ области Гольфстрима, а лѣтомъ—отъ штормовъ въ южныхъ широтахъ, гдѣ въ это время зима.

Случается, что NW зыбь не только доходитъ до штилевой полосы но и пересѣкаетъ экваторъ, достигая въ южномъ полушаріи о-въ Вознесенія и Св. Елены, т.-е. зыбь пробѣгаетъ разстояніе до 4.000 морск. миль отъ береговъ Соедин. Штатовъ. Напримѣръ, въ 1886 г. Бьюкэненъ

Средніе размѣры вѣтровыхъ установившихся волнъ въ тѣхъ частяхъ океановъ и морей, гдѣ дуютъ правильные вѣтры.

Выводъ изъ наблюденій лейтенанта Пари.

ОБЛАСТЬ.	Средняя глубина.	Вѣтеръ.		Волненіе.					
		по Бофорту.	V метры въ сек.	τ сек.	λ метры.	h метры.	V м. въ с.	$\frac{h}{\lambda}$	$\frac{\tau}{V}$
Пассаты Атлант. ок. . .	3900	3,5	4,8	5,8	65	1,9	11,2	1 : 35	0,43
» Индійск. ок. . .	4180	4,2	6,5	7,6	96	2,8	12,6	1 : 35	0,52
Зап. Тихій ок.	4500	4,5	8,5	8,2	102	3,1	12,4	1 : 33	0,68
NW вѣтры южн. Атл. ок.	4300	6,1	13,5	9,5	133	4,3	14,0	1 : 31	0,96
Китайское и Японское м.	950	6,3	14,6	6,9	79	3,2	11,4	1 : 25	1,28
NW вѣтры южн. Инд. ок.	4600	6,8	17,1	7,6	111	5,3	15,0	1 : 22	1,16
Отдѣльныя наблюденія Р. Эберкромби въ 1883 г., Іюнь (зима).									
Вѣтровыя волны.									
Южн. Тих. обл. NW вѣтры.	4500			10,7	164	—	15,3		
» » » » »				10,7	232	—	21,7		
» » » » »				8,0	132	—	16,5		—
Отдѣльныя наблюденія Г. Шотта въ 1892—1893 гг.									
Вѣтровыя волны.									
1—SE пассатъ Атлант. ок.	5000	5	8,8	5	38	1,9	7,8	1 : 20	1,11
2—SE » » »	5000	5	8,8	6	62	4,0	10,2	1 : 16	0,86
3—ESE » Индійск. » штормовая погода. . .	4500	8,5	16,7	8,8	130	7,5	14,7	1 : 17	1,14
Зыбь.									
4—Атл. ок. умѣр. поясъ N пол.	5000	1	1,7	5,2	49	0,8	9,5	1 : 61	—
5—Атл. ок. штилевая пол. N пол., зыбь отъ NE пассата	5000	0	0	7,4	100	2,0	13,6	1 : 50	—
6—Инд. ок.—пассатъ, на другой день послѣ наблюденія № 3, зыбь отъ E ½ S.	5000	5	8,8	9,5	140	6,0	14,8	1 : 23	—
7—Инд. ок., поляр. гран. пассата, огромная зыбь отъ SSW, т.-е. изъ области W вѣтровъ. . .	5000	5	8,8	14,5	342	7,5	23,5	1 : 46	—
Отдѣльныя наблюденія *Planet* въ 1906—1907 гг.									
Результаты фотограммометрическихъ измѣреній.									
Инд. ок. обл. W вѣтровъ.	5000	6	10,7	—	71	3,9	—	1 : 17	—
» пассатъ.	5000	3	4,8	—	78	3,7	—	1 : 20	—
» » пассатъ.	5000	4	6,7	—	57	3,0	—	1 : 19	—

ОБЛАСТЬ.	Средняя глубина.	Вѣтеръ.		Волненіе.				$\frac{h}{\lambda}$	$\frac{v}{V}$
		по Бофорту.	v метры въ сек.	τ сек.	λ метры.	h метры.	V м. въ с.		
Отдѣльныя наблюденія лейт. австр. фл. Гассенмайра въ 1895 г.									
Вѣтровыя волны.									
Атлантическій океанъ.									
Область SE пассата . . .	—	1	8,8	4,5	30	1,5	6,7	1 : 20	1,31
» » . . .	—	6	8,8	5,0	35	1,4	7,0	1 : 25	1,26
W вѣтр. 38° ю. ш.	—	14	11,9	10,0	140	4,4	14,0	1 : 32	0,85
» W » 33° с. ш.	—	20	18,0	9,5	80	6,0	8,5	1 : 13	2,12
Зыбь.									
Область SE пассата . . .	—	1	10,7	5,5	40	2,5	7,3	1 : 16	1,47
» » » . . .	—	2	8,8	9,5	130	3,0	13,7	1 : 43	0,64
W вѣтр. 37° ю. ш.	—	6	6,7	5,5	55	3,4	10,0	1 : 16	0,67
» W » 33° с. ш.	—	8	15,4	8,0	100	4,5	12,5	1 : 22	1,23

Примѣчаніе.—Въ этой таблицѣ приведены не всѣ наблюденія Эберкромби, Шотта, Гассенмайра и *Planet*, а только часть ихъ.

Изъ этихъ данныхъ видно, что отношенія h къ λ колеблются отъ 1 : 15 (возможное предѣльное 1 : 3,14) до 1 : 35 въ вѣтровыхъ волнахъ и отъ 1 : 23,3 до 1 : 60 для зыби, т.-е. волна при зыби значительно менѣе крута.

Единственныя имѣющіяся данныя, относящіяся къ водянымъ пространствамъ, ограниченнымъ на небольшомъ сравнительно разстояніи берегами (Китайское и Японское м., наблюденія лейтенанта Нари) и меньшей глубины, показываютъ, что указанныя ограниченія уже сказываются въ размѣрахъ волны.

Таблица лейт. Нари, дающая среднія величины, показываетъ, что при слабыхъ вѣтрахъ скорость волненія больше, а при сильныхъ вѣтрахъ—меньше. Шоттъ изъ своихъ наблюденій (ихъ всего было 18) приходитъ къ выводу, что вѣтеръ обладаетъ большими скоростями, нежели волненіе. Наблюденія Гассенмайра не даютъ никакого рѣшающаго вывода. Также не выяснена связь между скоростью вѣтра и высотою. Для разъясненія этихъ вопросовъ еще надо собрать и болѣе многочисленный и болѣе точный матеріалъ.

(химикъ экспедиціи *Challenger*'а), плавая на *Buccaneer*, замѣтилъ, стоя на рейдѣ у о-ва Вознесенія, необыкновенную зыбь (1-го Марта въ 10 ч. веч.) съ періодомъ въ 16 с. и скоростью 25 м. въ сек. или 48,6 морск. миль въ часъ при длинѣ до 400 м. Она возникла въ области циклона въ сѣв. Атлант. ок. около 40° с. ш. и 55° з. д. 25-го Февраля и слѣдовательно въ 100 часовъ пробѣжала до о-ва Вознесенія разстояніе въ 3.640 морскихъ миль.

7-го Дек. 1880 г. наблюдалась огромная зыбь въ области всего сѣв. Атлант. ок., возбужденная циклономъ южнѣе Ньюфаундлендской

банки около 35° с. ш. Зыбь дошла до Ламанша, береговъ Испаніи и была отмѣчена въ морѣ на судахъ, бывшихъ къ югу отъ о-вовъ Зеленаго мыса. Подобная зыбь съ очень большими періодами въ 15—20 сек., т.-е. много бо́льшими періодовъ волненія, возбуждаемаго мѣстными вѣтрами, часто наблюдается по всему океаническому побережью Европы.

На берегахъ Гвинейскаго залива не рѣдко наблюдается такая же громадная зыбь съ періодомъ въ 15 сек., длиною до 350 м. и скоростью 45—46 м. въ часъ или 23,5 м. въ сек.; она приходитъ изъ области западныхъ вѣтровъ въ южномъ полушаріи въ 2—3 сутокъ.

Подобныя же явленія наблюдаются въ Индійскомъ ок. на Зондскихъ о-вахъ, напр., на западномъ берегу Суматры и въ Тихомъ ок. какъ на островахъ, такъ и на берегахъ Южной Америки.

Волненіе во внутреннихъ моряхъ.—Относительно волненія во внутреннихъ моряхъ имѣется очень мало данныхъ. Несомнѣнно, что размѣры площадей морей, а во многихъ внутреннихъ моряхъ и недостаточная ихъ глубина должны оказывать вліяніе на уменьшеніе вообще размѣровъ волны и измѣнять отношеніе высоты къ длинѣ, дѣлая ихъ круче. Лейтенантъ Пари высказалъ убѣжденіе, что даже на большихъ глубинахъ надо находиться по крайней мѣрѣ въ 30 миляхъ отъ береговъ, чтобы вліяніе ихъ не сказывалось на волненіи. Свѣдѣнія относительно размѣровъ элементовъ волнъ въ Восточно-Китайскомъ и Японскомъ моряхъ, данныя лейтенантомъ Пари (см. выше таблицу мелк. шрифтомъ), показываютъ ясно, какое большое вліяніе на волненіе имѣетъ размѣръ площади моря, потому что въ моряхъ Китайскомъ и Японскомъ глубины довольно велики, и потому нѣкоторое уменьшеніе глубины въ нихъ сравнительно съ океанскою, хотя и сказывается въ убываніи величинъ нѣкоторыхъ элементовъ (гл. обр. длины и высоты), но, вѣроятно, меньше, нежели уменьшеніе площади бассейна.

Въ *Средиземномъ* морѣ, гдѣ глубина велика, высота волны, повидимому, доходитъ до 5,0—5,5 м.

Въ *Нѣмецкомъ* морѣ высоты волнъ въ штормовую погоду обыкновенно не бываютъ больше 4 м., какъ исключеніе, наблюдались волны до 6 м. высоты, до 45 м. длины при періодѣ въ 8—9 с.

Для *Балтійскаго* моря данныхъ почти не имѣется. Повидимому, наибольшая высота волнъ здѣсь не превосходитъ 5 м., а отношеніе высоты къ длинѣ около 1 : 10, т.-е. волны круты.

Для интереса выше были приведены таблицы съ данными нѣкоторыхъ наблюдателей относительно волнъ какъ вѣтровыхъ, такъ и зыби. Результаты лейт. Пари представляютъ выводъ, сдѣланный имъ изъ всѣхъ своихъ наблюденій (4.000), остальные представляютъ примѣры, взятые у другихъ наблюдателей, общее число наблюденій у которыхъ очень невелико (Эберкромби—6, Шоттъ—18, *Planet*—6, Гассенмайръ—28).

Заключеніе о трохоидальной теоріи.—Трохоидальная теорія волненія вполнѣ приложима къ явленію зыби въ океанѣ, гдѣ глубина сравнительно съ размѣрами волны очень велика и, слѣдовательно, условія размѣровъ бассейна получаются весьма близкими къ требуемымъ теоріей. Въ вѣтровыхъ волнахъ та ихъ часть, которая доступна наблюденіямъ, т.-е. поверхностная, отступаетъ отъ теоретическихъ представленій, профиль теряетъ полную симметричность по отношенію къ вершинѣ волны, частицы поверхностнаго слоя несомнѣнно получаютъ нѣкоторое поступательное движеніе въ сторону движенія вѣтра и формы волны, и потому орбиты ихъ не сомкнуты, а на гребнѣ—частицы разсыпаются и переносятся вѣтромъ нѣсколько впередъ. Постоянное образованіе вторичныхъ и волнъ другихъ порядковъ на поверхности главныхъ, постепенное нарастаніе вторичныхъ волнъ и сліяніе ихъ съ главными волнами, наконецъ интерференція нѣсколькихъ системъ волненія, все это вмѣстѣ нарушаетъ въ океанѣ простоту теоретическихъ условій трохоидальныхъ волнъ.

Однако, даже и при перечисленныхъ обстоятельствахъ, провѣрка формулъ трохоидальной теоріи данными изъ наблюденій показываетъ, что въ среднемъ получаются результаты, подтверждающіе справедливость трохоидальной теоріи. Весьма вѣроятно, что, въ моменты существованія на поверхности вѣтровыхъ волнъ, на нѣкоторой глубинѣ движенія частицъ совершаются уже по законамъ трохоидальной теоріи.

Какъ только вѣтеръ стихнетъ, и частицы воды останутся только подъ вліяніемъ силы тяжести и внутренняго тренія, немедленно устанавливается движеніе, совпадающее съ трохоидальной теоріей, что̀ подтверждаетъ правильность приложенія этой теоріи къ объясненію волноваго движенія въ океанахъ.

Видоизмѣненія волненія съ уменьшеніемъ глубины. Прибой, бурунъ, толчея.—При приближеніи волны къ берегу, глубина начинаетъ убывать, и наконецъ размѣры волны сравнительно съ глубиною становятся уже замѣтными величинами. Вслѣдствіе этого создаются

совершенно иныя условія въ той средѣ, гдѣ распространяется волна, а слѣдовательно видоизмѣняется и форма волны, и въ зависимости отъ мѣстныхъ условій получаются или прибой разнаго характера или бурунъ.

По мѣрѣ уменьшенія глубины убываетъ скорость распространенія волны согласно закону, найденному еще Лагранжемъ, а именно:

$$V = \sqrt{g\,p}$$

гдѣ V есть скорость волны, p—глубина, а g—ускореніе силы тяжести. Т.-е., чѣмъ глубина меньше, тѣмъ и скорость волны меньше, вслѣдствіе вліянія тренія о дно. Вмѣстѣ со скоростью убываетъ и длина волны и тоже пропорціонально квадрату глубины

$$\lambda = \pi\sqrt{g\,p}$$

и здѣсь треніе о дно вліяетъ на укорачиваніе волны

Высота волны при этомъ увеличивается, и волна, переходя съ бо́льшихъ глубинъ на меньшія, становится круче.

Только періодъ волны остается неизмѣннымъ, и, благодаря этому, всегда можно опредѣлить тѣ размѣры, какіе волна имѣла на глубокой водѣ, пользуясь формулами трохоидальной теоріи.

Возрастаніе высоты волны съ убываніемъ глубины вытекаетъ изъ слѣдующаго разсужденія. На глубокой водѣ волна обладаетъ нѣкоторою живою силою, для каждаго слоя воды шириною въ 1 м. и длиною—равною длинѣ волны, пропорціональною квадрату радіуса орбиты поверхностной частицы. При уменьшеніи глубины убываетъ снизу часть массы воды, находившейся въ волнообразномъ движеніи, и живая сила распредѣляется на меньшую массу, а потому скорость вращенія частицъ на орбитахъ увеличивается. Эта скорость для поверхностныхъ частицъ—V находится въ слѣдующей зависимости отъ: длины волны λ, радіуса орбиты поверхностныхъ частицъ—r и ускоренія силы тяжести—g:

$$V^2 = 2g\pi\frac{r^2}{\lambda}$$

Отсюда видно, что высота волны $h=2r$ пропорціональна скорости частицъ на ихъ орбитахъ—V. Поэтому при увеличеніи V и h возрастаетъ.

Согласно изслѣдованіямъ Эри о движеніи волнъ на малой глубинѣ, высота волны при этомъ увеличивается пропорціонально корню четвертой степени изъ глубины. Если начальная высота волны будетъ H и начальная глубина p, то высота H_1 на глубинѣ p_1, меньшей p, получится изъ выраженія

$$H_1 = H\sqrt[4]{p : p_1}$$

Слѣдовательно, напримѣръ, при H=1,5 м. и p=30 м. имѣемъ:

для $p_1 = 25$	20	15	10	5	2	метра
$H_1 = 5{,}0$	5,3	5,6	6,2	7,4	9,3	»

Также точно вліяетъ на высоту и ширина того воднаго пространства, куда распространяется волна. Высота при этомъ увеличивается пропорціонально корню квадратному изъ ширины *). Т.-е., при начальной высотѣ волны H и начальной ширинѣ залива b имѣемъ высоту H_1 при ширинѣ b_1, меньшей b, изъ выраженія

$$H_1 = H \sqrt{b : b_1}$$

Слѣдовательно, напримѣръ, при $H = 1.5$ м. и $b = 5000$ м. имѣемъ:

для $b_1 = 4000$	3000	2000	1000	500	100	метровъ
$H_1 = 1{,}7$	1,9	2,4	3,4	4,7	10,6	»

Такимъ образомъ съ приближеніемъ къ берегу высота волнъ быстро увеличивается, особенно, если волны входятъ въ какой-нибудь замкнутый и суживающійся бассейнъ.

По мѣрѣ того какъ волны приближаются къ берегу, и глубина убываетъ, уменьшается ихъ длина и увеличивается высота, т.-е. онѣ приближаются къ циклоидальной предѣльной формѣ, и въ то же время въ ихъ нижнихъ частяхъ, вслѣдствіе тренія о дно, замедляется движеніе частицъ, почему верхняя часть волны начинаетъ опрокидываться, что̀ случается около глубины, равной высотѣ волны; при этомъ верхушка волны разсыпается пѣнистымъ гребнемъ.

Подобное измѣненіе формы волны, хотя и происходитъ отъ одной и той же причины, но называется различно, смотря по тому, гдѣ оно случается. Если разбиваніе волны происходитъ у самой береговой черты, то это будетъ **прибой**, если же оно бываетъ на нѣкоторомъ удаленіи отъ берега надъ полосою отмелей или подводныхъ рифовъ (иногда совершенно въ открытомъ морѣ), то явленіе называется **буруномъ**.

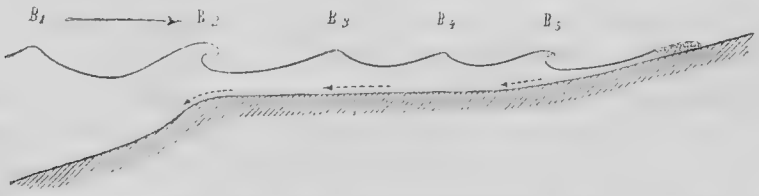
Прибой, кромѣ того, получаетъ разный характеръ въ зависимости отъ того, отмѣлый берегъ или приглубый.

На отмеломъ берегу глубина убываетъ постепенно, а потому и нарастаніе волны прибоя идетъ тоже постепенно. Какъ видно на фотографіи (фиг. 98), при этомъ получается рядъ волнъ съ разбивающимися гребнями, взбѣгающими на нѣкоторое разстояніе по пологому берегу,

*) Вліянія уменьшенія глубины и ширины какой-либо части моря на увеличеніе высоты волны очень важны для дальнѣйшаго вопроса объ увеличеніи амплитуды приливовъ при ихъ распространеніи въ заливахъ и проливахъ.

Фиг. 98. Прибой на отмеломъ берегу.

пока сила тяжести и треніе не остановятъ волну, и тогда потерявшая свою скорость вода тонкимъ слоемъ потечетъ обратно, до встрѣчи съ гребнемъ слѣдующей волны. То же самое изображено схематически на чертежѣ (фиг. 99), при этомъ, какъ видно, часто получаются двѣ линіи разсыпающихся гребней, одна тамъ, гдѣ глубина первый разъ рѣзко убываетъ B_2, и вторая у самой береговой черты B_4.

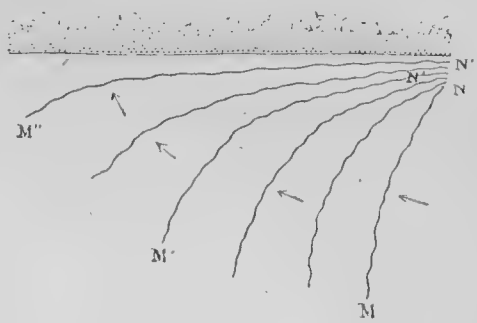


Фиг. 99. Схема прибоя на отмеломъ берегу.

Вліяніе тренія волны о дно приводитъ къ образованію придоннаго теченія отъ берега на глубину (см. фиг. 99), оно останавливается каждою

набѣгающею волною и снова продолжается между ихъ гребнями. Въ то же время вся остальная масса воды прибоя обладаетъ поступательнымъ движеніемъ къ берегу. Если прибой происходитъ при вѣтрѣ, то послѣдній еще усиливаетъ образованіе поверхностнаго теченія. Эти движенія воды при прибоѣ достаточно сильны, чтобы перекатывать по дну обломки породъ, изъ коихъ сложены берега, и, постепенно окатывая ихъ, превращать въ гальку разной величины, въ крупный и мелкій песокъ и наконецъ въ илъ. При этомъ перекатываемыя частицы двигаются зигзагообразно по отношенію къ береговой чертѣ и потому перемѣщаются вдоль нея.

Прибой у отмелаго берега бываетъ даже и въ томъ случаѣ, если вдали отъ берега волны имѣютъ направленіе движенія параллельно ему. При этомъ та часть волнъ, которая идетъ ближе и на меньшихъ глубинахъ, больше замедляется въ своемъ движеніи, а болѣе мористая часть опережаетъ ихъ, и вся система волнъ загибается къ берегу, къ которому и подходитъ почти нормально, образуя прибой; это схематически изображено на чертежѣ (фиг. 100).



Фиг. 100. Загибаніе прибоя у отмелаго берега.

Прибой бываетъ у всякаго берега, но тамъ, куда достигаютъ океанскія волненіе или зыбь, онъ принимаетъ громадные размѣры. Выше (стр. 259) уже было упомянуто, что океанская зыбь, идущая изъ высокихъ широтъ сѣвернаго и южнаго Атлантическаго океана, достигаетъ о-въ Св. Елены, Мадеры и Вознесенія и образуетъ тамъ прибой большой силы, который въ былое время паруснаго плаванія, когда на рейдахъ этихъ о-въ скоплялось много судовъ, нерѣдко бывалъ причиною большихъ аварій.

Какъ примѣръ подобнаго прибоя, тутъ на рисункѣ (стр. 268, фиг. 101) показанъ прибой у южнаго берега о-ва Мадера около порта Фунчаль.

Такой же большой прибой случается на сѣверномъ отмеломъ берегу Гвинейскаго залива, гдѣ онъ чрезвычайно затрудняетъ высадку и выгрузку и нагрузку судовъ, мѣстное названіе его «калема». Зыбь, образующая тутъ прибой, имѣетъ періодъ 15—16 сек. и на глубокой водѣ

Фиг. 101. Прибой у южнаго берега о-ва Мадера въ портѣ Фунчаль.

длину волны до 350 м. и скорость 45 морскихъ миль въ часъ или 23,5 м. въ сек.

Подобный же прибой случается и у береговъ Европы; напримѣръ, г. Воганъ Коршишъ наблюдалъ въ Ламанишѣ на берегу Англіи (около Борнмуѳъ) въ Декабрѣ 1898 г. прибой съ періодомъ въ 19 сек., что̀ соотвѣтствуетъ на глубокой водѣ волнѣ зыби длиною въ 660 м. и скоростью въ 57 морск. миль въ часъ. Въ Февралѣ 1899 г. тотъ же наблюдатель тамъ же замѣтилъ прибой съ періодомъ въ 28,5 сек., слѣдовательно на глубокой водѣ волна зыби имѣла скорость 67 морскихъ миль въ часъ и длину въ 790 м.

Когда прибой случается у приглубаго берега, круто поднимающагося изъ воды, то разсыпаніе волны происходитъ только при ударѣ о берегъ. При этомъ образуется обратная волна, встрѣчающаяся со слѣдующей за ней и уменьшающая ея силу удара, а затѣмъ набѣгаетъ новая волна и снова ударяетъ въ берегъ. Такіе удары волнъ, въ случаѣ большой зыби или сильнаго волненія, сопровождаются нерѣдко взбросами волнъ на значительную высоту. Напримѣръ, взбросъ, изображенный на фотографіи (фиг. 102), представляетъ это явленіе у мола въ Сенъ-Жанъ-де-Люцъ въ Бискайскомъ заливѣ, гдѣ берегъ открытъ

Фиг. 102. Взбросъ у мола въ Сенъ-Жанъ-де-Люцъ въ Бискайскомъ зал.

волнамъ, приходящимъ съ большихъ океанскихъ глубинъ залива. Для взброса достаточной силы необходимо, чтобы передъ тѣмъ волна имѣла большое пространство для разбѣга.

При взбросѣ волна получаетъ огромную силу, которая производитъ нерѣдко громадныя разрушенія, особенно въ случаѣ, если волна идетъ съ большой глубины и не ослабляется постепенно треніемъ о дно. Разрушительная сила прибоя при этомъ достигаетъ удивительныхъ размѣровъ. На Шотландскихъ о-хъ, къ сѣверу отъ Шотландіи, встрѣчаются обломки гнейсовыхъ скалъ, доходящіе до 6—13 тоннъ вѣсомъ, выброшенные прибоемъ на высоту до 20 м. надъ уровнемъ моря. Въ Шотландіи въ гавани Викъ при постройкѣ волнолома въ Декабрѣ 1872 г. при восточномъ штормѣ сдвинуло и перебросило на другое мѣсто прибоемъ четыре бетонныхъ массива, связанныхъ въ одно цѣлое. Внизу было три массива отъ 80 до 100 тоннъ каждый, а на нихъ былъ помѣщенъ и связанъ съ ними якорями массивъ въ 800 тоннъ. Вся эта масса болѣе 1.000 тоннъ вѣсомъ была прибоемъ опрокинута въ гавань.

На маякѣ Белль-рокъ въ Шотландіи прибой, случается, даетъ

взбросъ до 33 м. высотою, а у стѣнки волнолома въ Олдерней, въ Англіи, бываютъ взбросы до 60 м. высотою.

Въ Бильбао, въ Испаніи, на берегу океана штормовымъ прибоемъ въ 1894 г. былъ перевернутъ и сброшенъ со своего мѣста бетонный массивъ въ 1.700 тоннъ.

У маяка Тилламукъ въ Соединенныхъ Штатахъ, состоящаго на скалѣ того же имени немного южнѣе устья р. Колумбіи въ Тихомъ ок., въ свѣжую погоду часто бываютъ сильные взбросы. Однимъ изъ такихъ взбросовъ, случившимся въ Декабрѣ 1894 г., обломокъ скалы, вѣсомъ около 60 килогр., подбросило выше фонаря маяка, имѣющаго высоту въ 139 фут.; камень упалъ на крышу дома сторожа, стоящаго на 91 футъ выше уровня воды, пробилъ въ крышѣ отверстіе въ 20 кв. ф. и разрушилъ все внутри дома. Другой кусокъ скалы въ полъ-тонны вѣсомъ забросило къ подножію дома сторожа.

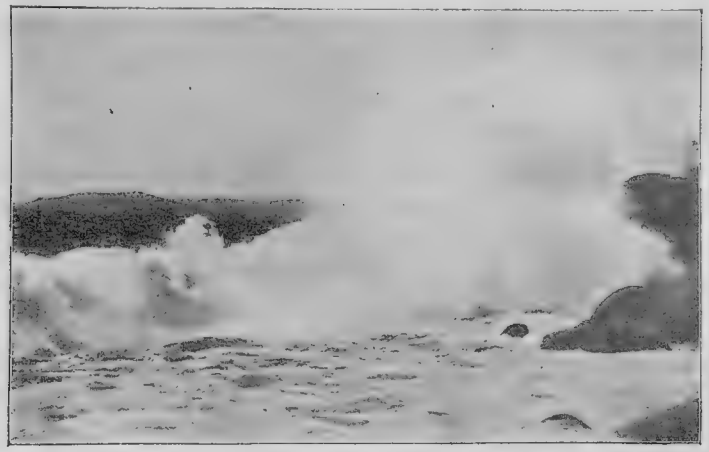
Въ 1902 г. 11-го Февраля тамъ же взбросомъ подняло столбъ воды, покрывшій башню маяка, т.-е. взбросъ былъ до 150 футовъ высоты.

Въ 1901 г. 29-го Декабря взбросомъ подняло воду выше фонаря маяка Тилламукъ, т.-е. на высоту въ 157 ф. надъ уровнемъ моря.

Фиг. 103. Прибой у волнолома въ Коломбо (о-въ Цейлонъ) при SW муссонѣ.

Въ Генуѣ въ 1898 г. штормовой прибой разломалъ волноломъ, при чемъ были сдвинуты съ мѣста 800-тонные массивы.

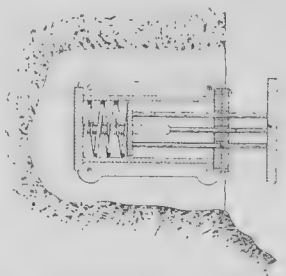
Замѣчательный прибой бываетъ въ Коломбо на о-вѣ Цейлонѣ при SW муссонѣ, который разводитъ въ океанѣ большое волненіе, приходящее въ Коломбо съ большого простора и глубины (см. фиг. 103).



Фиг. 104. Прибой у берега о-ва Гернсея въ Ламаншѣ.

Въ Ламаншѣ, куда большая волна приходитъ изъ Атлантическаго океана хотя и не такъ свободно, какъ въ Коломбо, потому что она пробѣгаетъ здѣсь довольно большое пространство по материковой отмели, наблюдается все-таки сильный прибой, напр., у береговъ о-ва Гернсея (фиг. 104) и въ другихъ мѣстахъ.

Для опредѣленія величины давленія, развиваемаго прибоемъ, англійскій инженеръ Стевенсонъ построилъ динамометръ (фиг. 105), состоящій изъ площадки опредѣленнаго размѣра, удерживаемой пружинами въ выдвинутомъ положеніи, перемѣщенія площадки во внутрь подъ вліяніемъ удара волны отмѣчаются приборомъ. При помощи динамометра Стевенсонъ измѣрялъ удары волнъ при взбросахъ и получилъ силу удара, доходящую до 38 метр. тоннъ на квадратный метръ. Устанавливая два динамометра, одинъ тамъ, гдѣ получается взбросъ, а другой всего въ 12 м. мористѣе и почти на той же



Фиг. 105. Динамометръ Стевенсона

высотѣ, Стевенсонъ опредѣлилъ, что на болѣе выдвинутомъ въ море приборѣ давленіе было въ два раза меньше, очевидно потому, что масса волны не успѣла еще пріобрѣсти той скорости, какую она получаетъ при взбросѣ.

Подобнаго рода дѣйствіе волнъ на берега производитъ разрушеніе ихъ, и такъ какъ продолжительность времени, въ теченіе коего берега подвергаются такому разрушительному дѣйствію волнъ, можетъ быть очень велика, то и результаты разрушенія получаются громадные. Напримѣръ, разрушеніе волнами береговъ Англіи за періодъ времени съ 1867 по 1900 г. уничтожило въ суммѣ площадь страны, равную 4,6 кв. кил. Берега Франціи въ Ламаншѣ также непрерывно подвергаются разрушеніямъ, и въ теченіе послѣднихъ 40 лѣтъ маякъ Лагёвъ около Гавра пришлось переносить на новое мѣсто, вслѣдствіе разрушенія берега. Въ этихъ случаяхъ, если существуетъ у береговъ достаточно сильное приливо-отливное теченіе, могущее уносить матеріалъ, даваемый разрушеніемъ берега волненіемъ, то разрушеніе будетъ итти быстро; если же такихъ теченій нѣтъ, то обрушившаяся часть берега создаетъ нѣкоторую преграду, пока прибой ея не уничтожитъ.

Во внутреннихъ моряхъ, конечно, сила удара волнъ не можетъ быть такъ велика, какъ въ океанѣ. Такъ въ Средиземномъ морѣ принимаютъ за предѣлъ ударъ въ 85—100 $\frac{\text{пуд.}}{\text{кв. ф.}}$ а если берегъ пологій, то сила удара уменьшается до 57 $\frac{\text{пуд.}}{\text{кв. ф.}}$.

Въ Черномъ морѣ сила удара волнъ тоже значительная, въ виду большой его глубины, особенно у Кавказскаго берега, который очень приглубый.

Въ Поти *) 5-го Февраля (ст. ст.) 1892 г. ударами волнъ были сдвинуты массивы, стоявшіе у головы южнаго мола гавани и плотно прижатые къ парапету мола; каждый массивъ имѣлъ 1.200 пуд. вѣсу, всего было сдвинуто пять массивовъ. 1-го Ноября 1893 г. съ головы мола ударами волнъ тамъ же былъ сброшенъ массивъ въ 1.000 пудовъ.

Въ Новороссійскѣ въ зиму 1890—91 г. были сброшены съ восточнаго мола гавани два массива, каждый по 2.400 пудовъ при боковой площади въ 1,8 кв. саж.

*) Свѣдѣнія относительно русскихъ морей любезно сообщены мнѣ профессоромъ Института инженеровъ Путей Сообщенія и начальникомъ Отдѣла Торговыхъ Портовъ М-ва Торг. и Промышл. В. Н. Кандыба.

Въ Одессѣ на молѣ, ограждающемъ рейдъ, были случаи сдвига массивовъ въ 1.300 пудовъ.

Въ Балтійскомъ морѣ, въ Либавѣ, въ 1893 г. были случаи сдвига на сѣверномъ молѣ и на головѣ волнолома массивовъ до 1.200 пудовъ.

Вообще сила ударовъ волнъ для Чернаго моря, на сѣверномъ его побережьѣ, въ открытыхъ мѣстахъ, должна приниматься до 30—35 $\frac{\text{пуд.}}{\text{кв. ф.}}$; а на Кавказскомъ берегу и до 40 $\frac{\text{пуд.}}{\text{кв. ф.}}$. Въ Балтійскомъ морѣ, въ Либавѣ, силу ударовъ волнъ надо считать около 26—29 $\frac{\text{пуд.}}{\text{кв. ф.}}$.

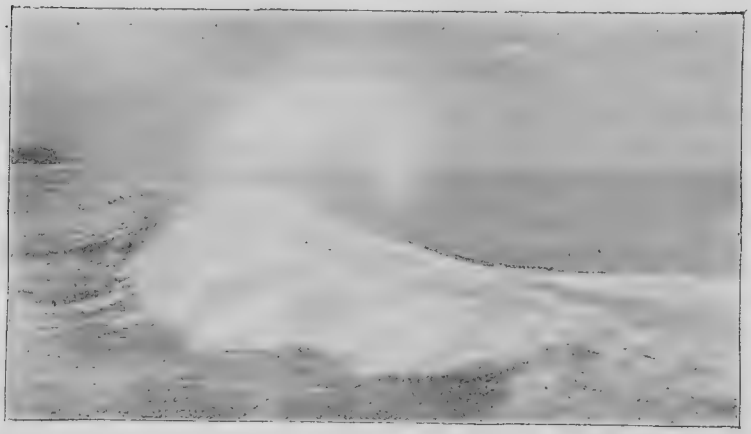
Если волна разбивается не у самаго берега, а въ нѣкоторомъ удаленіи отъ него, на отмели или на рифахъ, то подобное явленіе называется буруномъ.

На какой глубинѣ должны лежать отмели или подводныя скалы, чтобы на нихъ образовались буруны, зависитъ, конечно, отъ размѣровъ волненія. По имѣющимся свѣдѣніямъ, при сильномъ волненіи наблюдались буруны въ разныхъ мѣстахъ на слѣдующихъ глубинахъ.

На о-вѣ Мартиникѣ въ Малыхъ Антильскихъ о-хъ наблюдается бурунъ на глубинахъ въ 10 м. (5,5 м. с.); около Лиссабона—на глубинѣ 13 м. (7 м. с.); на о-вѣ Мадера—на глубинѣ 27 и 31 м. (15—17 м. с.); около о-ва Терцейра (Азорскіе) — на глубинѣ 48 м. (26 м. с.); около о-ва Роббенъ (около Капштадта, южн. Африка)—на глубинѣ 45—55 м. (25—30 м. с.); у сѣверныхъ береговъ Испаніи около мыса Робаналь—на глубинѣ 46—57 м. (25—31 м. с.). Въ Средиземномъ морѣ у береговъ Сиріи иногда случается наблюдать буруны на глубинахъ до 84 м. (46 м. с.). На слѣдующемъ рисункѣ (фиг. 106) изображенъ бурунъ на подводныхъ скалахъ около о-ва Гернсея въ Ламаншѣ.

Хотя бурунъ бываетъ при волненіи опредѣленнаго размѣра, тѣмъ не менѣе, въ случаѣ прохожденія даже и меньшихъ волнъ надъ мѣстомъ, гдѣ измѣняется глубина, всегда замѣтно бываетъ увеличеніе высоты и укорачиваніе длины волнъ настолько, что для небольшихъ судовъ это представляетъ нѣкоторую опасность.

Такъ, напримѣръ, на окраинѣ Ньюфаундлендской банки замѣчается измѣненіе характера волненія сравнительно съ тѣмъ, что наблюдается на глубокой водѣ. Даже на такихъ большихъ глубинахъ, какія имѣются на подводномъ порогѣ Уайвиль Томсона, между Фарёрскими о-ми и Шотландіей, т.-е. при глубинахъ въ 400—500 м. (219—270 м. с.), замѣчается укорачиваніе волнъ.



Фиг. 106. Бурунъ около о-ва Гернсея въ Ламаншѣ.

Глубина, на которой волненіе, повидимому, совершенно не возмущаетъ даже легкихъ частицъ ила, въ океанѣ соотвѣтствуетъ окраинѣ материковой отмели (200 м. = 109 м. с.).

Толчея есть результатъ интерференціи волнъ; въ этомъ случаѣ образуются высокія, крутыя волны, почти циклоидальнаго характера. Такое явленіе наблюдается всегда при отраженіи волненія отъ берега, отъ стѣнки пристани, или при встрѣчѣ двухъ системъ волненія, напримѣръ, около выдающагося въ море мыса или въ центрѣ циклона, куда вѣтры, стремящіеся въ центральную область циклона, гонятъ волны съ разныхъ сторонъ, образуя тамъ толчею, достигающую особенно большихъ размѣровъ въ средней области урагановъ и тайфуновъ

Вліяніе на волненіе распространенія на поверхности воды масла или скопленій мелкихъ плавающихъ предметовъ. Вліяніе масла на измѣненіе характера волненія было извѣстно еще въ древности, а вліяніе скопленій какихъ-либо плавающихъ тѣлъ было подмѣчено еще Скоресби, который наблюдалъ въ полярныхъ странахъ вліяніе скопленій ледяныхъ кристалликовъ, образующихся на поверхности воды, при началѣ замерзанія (см. стр. 183).

Обыкновенно, при указаніи описываемаго явленія говорятъ—масло успокоиваетъ волненіе; это не вѣрно, волненіе остается безъ перемѣны, успокаиваются только гребни волнъ и второстепенныя, третьестепенныя и меньшихъ размѣровъ волны, существующія всегда на поверхности главныхъ волнъ (см. стр. 252); т.-е. вѣтровыя волны обращаются почти въ

волны зыби съ гладкою поверхностью и отсутствіемъ гребней, срываемыхъ вѣтромъ. Гребни при большой массѣ воды, ихъ образующей, представляютъ опасность для судовъ, такъ какъ удары гребней обладаютъ большою живою силою и не только могутъ смыть людей съ палубы, но и разрушить стоящія на ней или висящія на шлюпбалкахъ шлюпки, поломать палубныя рубки и разныя надстройки и т. п.

Масло всякаго рода обладаетъ почти въ два раза меньшимъ поверхностнымъ натяженіемъ, нежели вода, и гораздо большею вязкостью. Обладая въ то же время свойствомъ очень быстро распространяться по поверхности воды, пленка масла охватываетъ большое пространство и тѣмъ успѣшнѣе успокоиваетъ гребни и сглаживаетъ поверхности волнъ. Дѣйствительно, вслѣдствіе малаго поверхностнаго натяженія масла, вѣтеръ той же силы возбуждаетъ на его поверхности гораздо меньшихъ размѣровъ капиллярныя волны, и онѣ не могутъ легко нарастать и давать волны большихъ размѣровъ, усиливая постепенно волненіе. Въ то же время большая вязкость масла не позволяетъ вѣтру разорвать его слой, хотя онъ и очень тонокъ, не толще 0,0002 мм., и слѣдовательно масляный слой не дастъ вѣтру срывать гребни волнъ. Вслѣдствіе тонкости слоя масла, очень небольшое его количество быстро покрываетъ значительную площадь моря, напримѣръ, 50 куб. сант. масла въ 20 мин. покрываютъ площадь около 15.000 кв. метровъ, потому для средней величины корабля достаточно около 3 литровъ масла въ часъ. Чтобы равномѣрно выливать столь небольшое количество масла, употребляютъ слѣдующее простое средство. Обыкновенные мѣшки изъ-подъ угля, которые всегда есть на судахъ, наполняютъ хорошо растрепанной пенькой (шкимушкою), пропитанной масломъ, на каждый мѣшокъ надо литра по 4 масла. По два мѣшка съ каждаго борта на концахъ опускаютъ до воды, а концы крѣпятъ на борту. Чтобы масло легче распространялось по водѣ, въ мѣшкахъ дѣлаютъ нѣсколько дыръ. Время отъ времени мѣшки поднимаютъ и доливаютъ въ нихъ масла. Послѣднее можетъ быть всякаго сорта, но дѣйствительнѣе всего животныя масла (рыбій или тюленій жиръ), затѣмъ растительныя масла; минеральныя масла дѣйствуютъ хуже, также и болѣе густыя масла сравнительно съ болѣе жидкими.

Всякіе плавающіе предметы въ такомъ количествѣ, что они покрываютъ большое пространство моря, оказываютъ, подобно маслу, вліяніе на успокоеніе гребней и второстепенныхъ волнъ. Напримѣръ, скопленіе

большого количества водорослей въ Саргассовомъ морѣ и иногда и въ другихъ мѣстахъ океановъ оказываетъ вліяніе на характеръ волненія. Въ полярныхъ поясахъ океановъ такое же дѣйствіе оказываютъ плавучіе льды, почему тамъ волненіе никогда не достигаетъ большихъ размѣровъ.

Описаннымъ свойствомъ масла можно пользоваться, напримѣръ, при необходимости въ свѣжую погоду спустить шлюпки для поданія помощи или для сообщенія между судами. Въ этихъ случаяхъ суда будутъ стоять на мѣстѣ, и масло, распространившись вокругъ, образуетъ на поверхности моря большое пятно, внутри котораго гребни будутъ успокоены, и шлюпки не будутъ заливаться и захлестываться волнами. При прохожденіи черезъ буруны шлюпки тоже съ пользою могутъ употреблять масло, вывѣшивая мѣшокъ на носу.

Успокоивающее вліяніе на волненіе оказываетъ также и дождь, потому что капли его, обладая большою инерціей, проникаютъ въ верхній слой воды какъ бы посторонніе тѣла и этимъ самымъ нарушаютъ характеръ движенія поверхностныхъ частицъ воды и успокоиваютъ гребни и второстепенныя волны.

II.—Волны отъ землетрясеній и вулканическихъ изверженій, случающихся въ морѣ.—Землетрясенія происходятъ главнымъ образомъ вслѣдствіе перемѣщеній пластовъ, слагающихъ земную кору. Такія перемѣщенія происходятъ вслѣдствіе сжатія земли отъ охлажденія лученспусканіемъ въ небесное пространство, и такъ какъ породы, слагающія земную кору, не абсолютно прочны, то онѣ, уступая сжатію, перемѣщаются, сжимаясь и съеживаясь. Въ этихъ перемѣщеніяхъ пластовъ земной коры принимаютъ участіе огромныя массы, и потому при этомъ получаются сильные толчки, возбуждающіе въ остальной части земной коры волны, распространяющіяся во всѣ стороны, и тѣмъ дальше, чѣмъ толчокъ былъ сильнѣе.

Вулканическія изверженія съ выдѣленіями лавы разныхъ составовъ случаются гораздо рѣже землетрясеній только-что указаннаго выше характера. Изверженія тоже сопровождаются нерѣдко землетрясеніями, но обыкновенно гораздо менѣе сильными и потому охватывающими небольшія области.

Ложе Мірового океана, занимающее около 71% земной поверхности, тоже имѣетъ свои землетрясенія и свои подводныя вулканическія изверженія. Въ случаѣ таковыхъ, масса воды въ томъ мѣстѣ, гдѣ произошло

землетрясеніе, получаетъ сильный толчокъ, возбуждающій въ ней волну, распространяющуюся во всѣ стороны.

Размѣры волнъ при этомъ получаются громадные, и, въ отличіе отъ волнъ вѣтровыхъ, океанъ для такихъ волнъ является далеко не достаточно глубокимъ бассейномъ, и потому къ нимъ можетъ быть примѣнена простая формула Лагранжа $V = \sqrt{gp}$.

Подводныя землетрясенія, случающіяся достаточно часто, сопровождаются обыкновенно сильнымъ толчкомъ, передаваемымъ водою на поверхность, а слѣдовательно и судамъ, случайно находящимся въ этомъ мѣстѣ. Толчки иногда столь сильны, что получается впечатлѣніе удара о рифъ или мель. Послѣдующія волны, возбужденныя ударомъ, уже становятся незамѣтны въ открытомъ океанѣ, потому что онѣ представляютъ только колебательное движеніе съ очень большимъ періодомъ и длиною и малою высотою. Но въ случаѣ, когда подобныя волны достигнутъ до берега, то тутъ онѣ могутъ доходить иногда до громадныхъ размѣровъ.

Въ Атлантическомъ океанѣ пространство между Азорскими о-ми и Мадерой и область къ востоку отъ о-ва Св. Павла вдоль экватора до мѣста наибольшей глубины въ южной части океана (0° 11′ ю. ш., 18° 15′ з. д.) являются мѣстами, гдѣ особенно часто случаются подводныя землетрясенія.

Подводныя изверженія тоже нерѣдки и иногда выражаются на поверхности очень сильнымъ и неправильнымъ волненіемъ, выдѣленіемъ пара и какъ будто кипѣніемъ воды (случай, бывшій въ Іюлѣ 1852 г. въ Атл. ок. 3°,5 ю. ш. и 24°,5 з. д. Въ томъ же году въ Октябрѣ: другое судно испытало такое же явленіе почти въ томъ же мѣстѣ 0° 12′ с. ш., 19° з. д.). Въ 1887 г. въ Іюлѣ въ 50° 50′ с. ш. и 27° 8′ з. д. въ Атлантическомъ океанѣ почтовый пароходъ линіи Кунардъ *Umbria* встрѣтилъ двѣ огромныя волны, смывшія съ палубы рубки, шлюпки, трубу и мачты. Подобный же случай былъ съ пароходомъ телеграфной компаніи *Faraday* въ 46° 11′ с. ш. и 27° 53′ з. д.

Волны, возбужденныя землетрясеніями, иногда получаютъ, какъ выше было указано, огромную силу и большое распространеніе.

Подобное послѣдствіе имѣло извѣстное Лиссабонское землетрясеніе въ Ноябрѣ 1755 г., оно сопровождалось при второмъ толчкѣ волною около 5 м. высоты, которая срывала суда съ якорей и разрушила набережную, при чемъ погибло много людей. То же землетрясеніе отозвалось по всему португальскому побережью образованіемъ высокихъ волнъ,

причинившихъ большія разрушенія. Такъ въ Кадиксѣ волна имѣла до 18 м. высоты, она разрушила набережную, стѣну крѣпости и размыла перешеекъ, соединяющій городъ съ сушею. Волна добѣжала до береговъ Марокко и о-ва Мадера. Къ сѣверу отъ Лиссабона волна была отмѣчена въ Ламаншѣ и Нѣмецкомъ морѣ до Гамбурга. На противоположномъ берегу океана волна была отмѣчена на Антильскихъ о-хъ, гдѣ мѣстами она имѣла высоту до 4 м.

Въ Тихомъ океанѣ, окруженномъ кольцомъ большихъ глубинъ, являющихся результатами складокъ земной коры, землетрясенія бываютъ часто, и неоднократно наблюдались сильныя волны, происшедшія отъ нихъ.

Въ Декабрѣ 1854 г. въ Японіи было сильное землетрясеніе, которое сопровождалось огромною волною до 9 м. высоты, хлынувшей на берега во многихъ мѣстахъ. Этотъ случай хорошо описанъ Гончаровымъ въ его сочиненіи «Фрегатъ Паллада». Черезъ 12 ч. 30 м. волна успѣла пройти черезъ океанъ и достигнуть берега Америки у Санъ-Франциско, а черезъ 13,8 часа она дошла до Санъ-Діего, лежащаго южнѣе. У береговъ Японіи неоднократно случались подобныя явленія, и одно изъ недавнихъ, бывшее въ Іюнѣ 1896 г., сопровождалось волною, которая мѣстами проникла далеко внутрь берега, при чемъ погибло до 27.000 людей и до 5.000 чел. было перерапено. Волна мѣстами достигала 6—10 м. и даже 15 м. высоты. Рыбаки, бывшіе въ это время далеко въ морѣ, остались невредимы и даже не замѣтили волны, такъ какъ въ морѣ была только очень большая зыбь. Отъ береговъ Японіи волна въ 7 ч. 44 м. пересѣкла сѣверный Тихій океанъ и добѣжала до Сандвичевыхъ о-въ, гдѣ на Гаваи была высотою до 2,5 м. Черезъ 10 ч. 34 м. волна достигла до Санъ-Франциско.

На берегахъ обѣихъ Америкъ тоже нерѣдки землетрясенія, возбуждавшія волны. Въ Августѣ 1868 г. произошло землетрясеніе въ Арикѣ на берегу Перу. Черезъ 20 мин. послѣ перваго толчка волна около 2—3 м. высотою набѣжала на берегъ, затѣмъ море быстро отхлынуло по крайней мѣрѣ на одну милю отъ берега, послѣ чего на берегъ надвинулась громадная волна до 17 м. высотою, и въ теченіе нѣкотораго времени явленіе повторялось каждыя 15 мин. При этомъ суда были выброшены на берегъ далеко отъ береговой черты. Волна распространилась по океану на западъ и юго-западъ и черезъ 15,8 часа достигла о-ва Чатамъ (къ вост. отъ Нов. Зел.), у Новой Зеландіи (въ

Литльтонѣ, южн. о-въ) она была черезъ 19,6 ч., у береговъ Австраліи, въ Сиднеѣ, черезъ 23 ч. Здѣсь волна была не высока, а въ Литльтонѣ она достигала до 3 м.

Въ 1877 г. въ Маѣ было землетрясеніе въ Иквикве, около Арика, сопровождавшееся волною до 4,8 м. высотою и причинившее рядъ аварій судамъ, стоявшимъ на рейдѣ. Волна пересѣкла океанъ и дошла до Японіи въ 25 ч., а до Австраліи въ 18 ч. На Сандвичевыхъ о-хъ, гдѣ волна была черезъ 14 ч., высота ея достигала (въ Гило) 11 м. Телеграфный кабель, проложенный между Арика и Икивкве, былъ разорванъ въ 6 кил. отъ послѣдняго порта на глубинѣ 110 м., несмотря на то, что онъ былъ особенно прочный.

Въ Индійскомъ океанѣ тоже неоднократно случались подобныя же явленія, изъ нихъ особенно выдается случай вулканическаго изверженія на небольшомъ о-вѣ Кракатоа, лежащемъ посреди Зондскаго пр., случившагося 26-го и 27-го Августа (н. ст.) 1883 г. Повидимому, это самое сильное изверженіе, какое было за историческое время. Было три сильныхъ взрыва, 26-го въ 6 ч. веч., 27-го въ 5,5 ч. утра и въ 10 ч. веч., послѣдній взрывъ былъ самый сильный. Каждый взрывъ сопровождался волнами, заливавшими берега пролива и о-въ Суматры и Явы, а послѣдній взрывъ возбудилъ волну громаднаго размѣра, затопившую всѣ берега вокругъ. Два другихъ небольшихъ о-ва Себуку и Себези, лежащіе въ Зондскомъ проливѣ недалеко отъ Кракатоа, населенные малайцами, были совершенно затоплены, и съ нихъ были смыты не только всѣ жители, но и вся почва. Волна мѣстами достигала до 25—35 м. высоты, въ портѣ Телокъ Бетонѣ на Явѣ канонерку сорвало съ якорей и занесло на 3 кил. внутрь суши и на высоту 9 м. надъ уровнемъ моря. Волны изъ Зондскаго пролива распространились по Индійскому океану, и на Цейлонѣ волна имѣла еще высоту до 2,5 м., а на западныхъ берегахъ Австраліи—до 1,8 м. Волна прошла въ южный Атлантическій океанъ и достигла м. Горна черезъ 23 ч. 31 м. послѣ момента самаго сильнаго взрыва (высота волны тутъ была 0,18 м.). Волна достигла даже береговъ Европы, напр., въ Гаврѣ она была черезъ 32 ч. 35 м., пройдя разстояніе въ 10.780 м. миль (20.000 к.), ровно полуокружность земли.

Послѣдній взрывъ вулкана сопровождался проваломъ половины о-ва Кракатоа, который при этомъ раскололся какъ разъ по каналу кратера, взбросилъ въ атмосферу громадное количество пепла на высоту не менѣе 80 кил. и возбудилъ воздушную волну, которая около трехъ

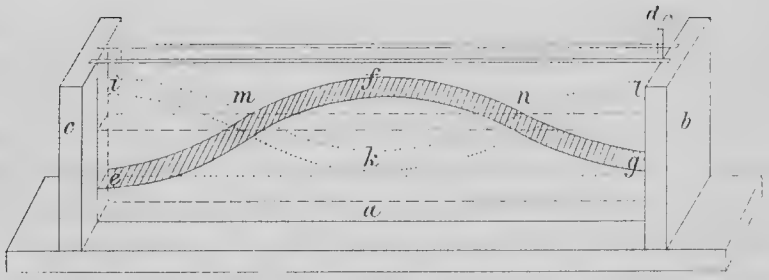
разъ обѣжала землю, въ Петроградѣ она была трижды отмѣчена барографомъ на Главной Физической Обсерваторіи.

Волна, возбужденная взрывомъ о-ва Кракатоа, имѣла длину въ 524.000 м., періодъ—3.480 сек., и скорость—189 м. въ сек. Волна землетрясенія въ Иквикве была длиною въ 241.000 м., періодъ ея 1.275 сек., скорость—189 м. въ сек. Волна Японскаго землетрясенія въ Симодо въ 1854 г. имѣла длину въ 391.000 м., періодъ—1.980 сек., скорость—189 м. въ сек.

Примѣняя къ такимъ волнамъ формулу Лагранжа, можно получить среднюю глубину океана по дугѣ большого круга между двумя точками на берегу. Въ прежнее время, когда глубины океановъ были почти неизвѣстны, указываемый способъ былъ единственный, позволявшій получить понятіе о средней глубинѣ океановъ. Конечно, такія вычисленія даютъ только приблизительныя данныя, потому что въ дѣйствительности глубина измѣняется неравномѣрно, что̀ вліяетъ на скорость волны, а при вычисленіи ее предполагаютъ вездѣ одинаковою. Напримѣръ, по волнѣ Кракатоа были вычислены слѣдующія среднія глубины Индійскаго океана и по тѣмъ же линіямъ сняты глубины съ карты и вычислены среднія; получились слѣдующіе результаты:

	вычислено.	съ карты.
Зондскій пр.— Мадрасъ	3109 м.	4200 м.
» — Аденъ.	3237 »	3930 »
» — о-въ Маврикія	4444 »	4755 »
» — Капштадтъ	3731 »	4200 »

III.—Стоячія волны, сейши.—Когда въ какомъ-нибудь водномъ бассейнѣ образуется колебаніе всей массы воды, при чемъ по поверхности ея не распространяется никакой волны, а колеблется весь объемъ воды, то такое колебательное движеніе называется стоячими волнами. Первыя теоретическія и опытныя изслѣдованія стоячихъ волнъ были произведены братьями Веберъ. Колебанія при этомъ могутъ быть разнаго характера, но, каковы бы они ни были, всегда на поверхности отсутствуетъ волна, идущая отъ одного мѣста бассейна къ другому; взамѣнъ этого на поверхности образуются одна или нѣсколько волнъ, очень пологихъ, которыя, не перемѣщаясь поступательно, поднимаются и опускаются на томъ же мѣстѣ, при чемъ вершина волны чередуется съ подошвою. На чертежѣ (фиг. 107) изображенъ ящикъ братьевъ Ве-



Фиг. 107. Ящикъ бр. Веберъ и стоячая волна.

беръ *abc* со стеклянными боковыми стѣнками; въ *d* показана стеклянная перегородка, доходящая до дна, которую можно передвигать вдоль ящика. Если перегородку передвинуть параллельно самой себѣ къ концу ящика *c*, то въ зависимости отъ величины перемѣщенія въ водѣ образуются стоячія волны, которыя долго колеблются. На чертежѣ изображена такая стоячая волна. При своихъ колебаніяхъ волна то достигаетъ крайняго положенія *efg*, то — *ikl*, при этомъ какъ разъ на уровнѣ жидкости въ покоѣ *) оказываются двѣ точки *m* и *n*, гдѣ частицы жидкости остаются неподвижными. Эти точки называются узлами. Стоячія волны

Фиг. 108. Одноузловая сейша.

Фиг. 109. Двухузловая сейша.

могутъ быть съ однимъ узломъ посерединѣ (фиг. 108, узелъ въ точкѣ *a*), съ двумя (фиг. 109, узлы въ *a* и *b*), съ тремя и болѣе, въ зависимости отъ размѣровъ волны, размѣровъ бассейна и причины, произведшей эти колебанія. Смотря по числу узловъ, они и называются — одноузловыми, двухузловыми, трехузловыми и т. д. (униподальными, бинодальными, триподальными...). Такимъ образомъ поверхность воды при существованіи стоячихъ волнъ находится въ такомъ же колебатель-

*) Какъ выше было указано въ трохоидальной системѣ волненія, когда частицы описываютъ замкнутыя орбиты, центры послѣднихъ лежатъ на линіи, находящейся выше уровня частицъ въ покоѣ.

помъ движеніи, какъ и струна, натянутая между двумя точками и приведенная въ колебательное движеніе, на струнѣ тоже образуются одна, двѣ, три... стоячія волны, раздѣленныя узлами.

Наблюденіе надъ движеніями водныхъ частицъ въ стоячихъ волнахъ братьями Веберъ при помощи поплавковъ и французскимъ ученымъ Марей при помощи моментальной фотографіи показали, что водныя частицы при этомъ колеблются совершенно иначе, нежели при трохоидальныхъ волнахъ, форма конхъ имѣетъ поступательное движеніе. Здѣсь частицы воды двигаются взадъ и впередъ по кривымъ, изогнутымъ внизъ. Внизу, на днѣ бассейна (см. фиг. 108), если сейша одноузловая, частицы двигаются взадъ и впередъ на нѣкоторомъ разстояніи почти горизонтально, а въ другихъ мѣстахъ около дна, параллельно послѣднему. Если же сейша двухузловая (фиг. 109), то подъ вершиною и подошвою волны частицы двигаются взадъ и впередъ вертикально, а подъ узлами и около нихъ по кривымъ и болѣе или менѣе горизонтально. На чертежахъ эти движенія частицъ показаны стрѣлками, размѣръ которыхъ даетъ понятіе о величинѣ передвиженій частицъ.

Наиболѣе простыя формулы, выражающія соотношенія между періодомъ сейшъ, длиною и глубиною даннаго бассейна, суть слѣдующія:

$$\tau = \frac{2l}{\sqrt{gp}}$$

гдѣ l — есть длина бассейна, p — глубина, τ — періодъ сейши.

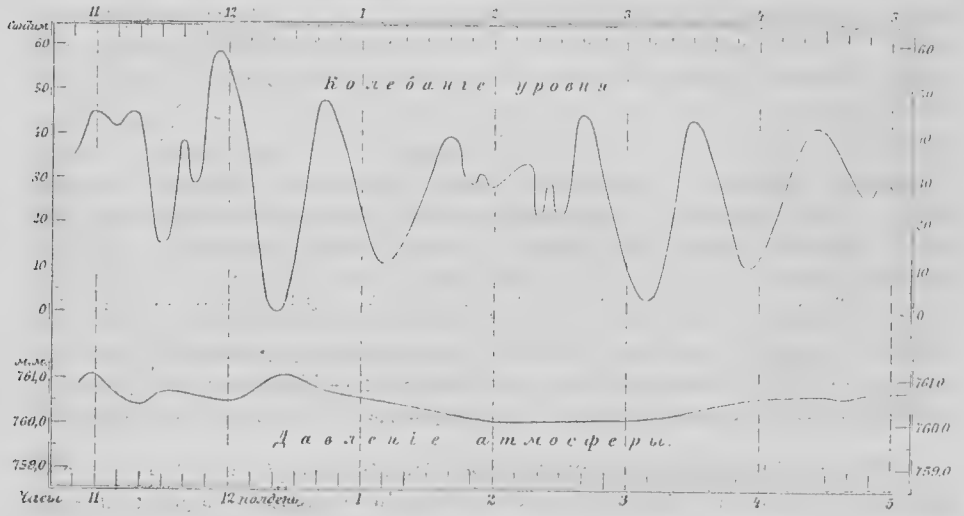
Въ этой формулѣ предполагается, что бассейнъ имѣетъ вездѣ одинаковыя глубины. Болѣе сложныя формулы позволяютъ принять во вниманіе разную форму бассейновъ и рельефъ ихъ дна. Очевидно, что всѣ эти формулы позволяютъ при извѣстномъ періодѣ и длинѣ вычислять среднюю глубину такъ же точно, какъ по формулѣ Лагранжа это было показано выше для океана.

Впервые стоячія волны были замѣчены на берегахъ озеръ Швейцаріи и изучены швейцарскимъ физикогеографомъ Форелемъ, который положилъ вообще начало изученію озеръ, образовавшему отдѣлъ океанографіи — лимнологію. Въ Швейцаріи давно прибрежными жителями озеръ были подмѣчены колебанія уровня ихъ, часто случавшіяся при полномъ отсутствіи волненія или при такомъ волненіи, размѣры коего совершенно не соотвѣтствовали величинѣ амплитуды колебаній и періоду ихъ. Амплитуды колебаній уровня при этомъ нерѣдко достигали въ озерахъ значительной величины, иначе, конечно, онѣ не были бы замѣчены безъ особыхъ наблюденій. Такія колебанія получили на швейцарскихъ озерахъ названіе сейшъ. Форель первый занялся ихъ изученіемъ на

берегу Женевскаго озера, построилъ приборъ — лимнографъ, для записи колебаній уровня въ естественную величину, потому что большинство сейшъ имѣютъ небольшую амплитуду, и убѣдился, что сейши представляютъ не что̀ иное, какъ стоячія волны, возбужденныя въ озерахъ обыкновенно рѣзкою перемѣною давленія атмосферы надъ одною частью озера, напр., прохожденіемъ грозы, сопровождающейся всегда рѣзкимъ уменьшеніемъ давленія атмосферы на сравнительно небольшомъ пространствѣ въ то время, какъ надъ другими частями бассейна давленіе осталось прежнее.

Подобныя обстоятельства могутъ быть не только надъ озерами, но и надъ какими угодно бассейнами, частями морей и океановъ (бухтами, заливами, проливами) и возбуждать въ нихъ явленіе сейшъ. Наблюденія послѣдняго времени совершенно подтвердили такой выводъ; оказалось, что во всѣхъ моряхъ и у всѣхъ береговъ существуютъ сейши, только во многихъ мѣстахъ онѣ еще не изучены.

Въ озерахъ сейши имѣютъ весьма разнообразныя амплитуды и періоды. Въ Женевскомъ озерѣ амплитуды доходили до 2 м. съ періодомъ продольной одноузловой сейши (могутъ быть и поперечныя сейши, если бассейнъ длинный) въ 73 минуты. Въ озерѣ Ири (Соед. Шт.) періодъ доходитъ до 14 час., а въ оз. Онтэріо—онъ 4 ч. 49 м. Въ Аральскомъ морѣ періодъ бываетъ въ среднемъ около 22,7 ч.



Фиг. 110. Сейши въ Севастополѣ 25-го Авг. 1911 г.

Въ Балтійскомъ морѣ сейши наблюдаются у всѣхъ береговъ, напримѣръ, въ Мемелѣ амплитуда достигаетъ 15 сант., а періодъ до 3 час.

Въ Черномъ морѣ сейши наблюдались въ Севастополѣ, гдѣ самопишущій марсографъ при обсерваторіи Морского вѣдомства позволилъ ихъ замѣтить. На чертежѣ (фиг. 110, стр. 283) изображено колебаніе уровня въ Севастополѣ 25-го Августа (н. ст.) 1911 г. Утромъ прошла гроза надъ Севастопольскою бухтою, въ 11 ч. 20 м. утра давленіе атмосферы сразу упало съ 761,1 мм. на 6 мм.; потомъ къ 12 ч. 30 м. оно снова повысилось до 761,0 мм. и затѣмъ стало плавно уменьшаться до 3 ч., а послѣ того такъ же плавно увеличиваться. Рѣзкое убываніе давленія въ 11 ч. утра дало толчокъ уровню, и онъ началъ колебаться. Въ 11 ч. 15 м. уровень былъ на высотѣ 45 сант., черезъ 15 м. онъ упалъ до 15 с., затѣмъ поднялся до 58 с. и потомъ упалъ до 0 сант. и продолжалъ далѣе совершать колебанія періодомъ около 50—60 м. Такая амплитуда колебаній въ 58 сант. рѣдко достигается въ Севастополѣ, за цѣлый рядъ лѣтъ наблюденій подобной не было замѣчено.

ГЛАВА IX.

Приливы.

Описаніе явленія прилива и отлива. — Историческая замѣтка объ изученіи явленія приливовъ. — Понятіе о причинахъ приливовъ. Лунный и солнечный приливы. — Суточное и параллактическое неравенства прилива. — Полумѣсячное неравенство прилива. — Сводъ всѣхъ разобранныхъ выше условій явленія прилива. — Неравенства второстепеннаго значенія. — Выводъ горизонтальной и вертикальной составляющихъ приливообразующихъ силъ и нахожденіе величины амплитудъ лунаго и солнечнаго приливовъ. — Условія, при которыхъ приливъ происходитъ на Землѣ, отличіе ихъ отъ теоретическихъ, и вытекающія отсюда усложненія явленія. — Статическая теорія равновѣсія прилива и динамическая теорія прилива. — Прикладной часъ и его значеніе для предсказанія прилива; возрастъ прилива. — Предсказаніе приливовъ помощью гармоническаго анализа. — Таблицы приливовъ русскія и иностранныя. — Наблюдаемый на Землѣ характеръ приливовъ и примѣры ихъ. — Приливы у береговъ Россіи и въ Тихомъ океанѣ. — Распространеніе приливовъ по океану; котидальныя линіи. — Амплитуды приливовъ въ разныхъ мѣстахъ океановъ. — Приливныя и отливныя теченія. — Приливы въ рѣкахъ. Использованіе силы прилива. — Приборы для наблюденія приливовъ.

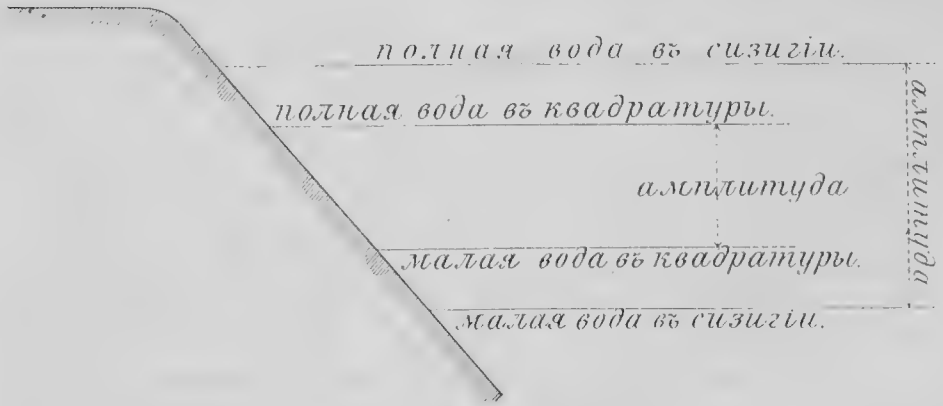
Описаніе явленія прилива и отлива.—Приливомъ и отливомъ называется такое періодическое колебаніе уровня океана или моря, которое происходитъ отъ притяженія Луны и Солнца.

Явленіе заключается въ слѣдующемъ: уровень воды постепенно поднимается, что̀ называется приливомъ, достигаетъ наивысшаго положенія (фиг. 111), называемаго полною водою. Послѣ того уровень начинаетъ понижаться, что̀ называется отливомъ, и чорезъ 6 ч. 12,5 м. (приблизительно) достигаетъ наболѣе низкаго положенія, называемаго малою водою. Затѣмъ уровень снова начинаетъ повышаться, и еще черезъ 6 ч. 12,5 м. (приблизительно) наступаетъ опять полная вода.

Такимъ образомъ періодъ явленія равенъ 12 ч. 25 м. (приблизительно), и каждые 24—25 часовъ бываетъ два прилива и два отлива, двѣ полной воды и двѣ малой.

Разстояніе по вертикали между уровнями послѣдовательныхъ полной и малой водъ есть амплитуда прилива.

Если производить въ томъ же мѣстѣ наблюденія прилива въ теченіе мѣсяца, то окажется, что изо дня въ день полная и малая вода измѣняютъ свои положенія. Два раза въ мѣсяцъ, въ сизигіи (полнолуніе и новолуніе), уровни полной и малой воды располагаются всего далѣе другъ отъ друга, и тогда амплитуда прилива наибольшая, это случается каждые 14 дней (приблизительно). Послѣ момента сизигійныхъ полныхъ и малыхъ водъ уровни послѣдующихъ полныхъ и малыхъ водъ начинаютъ приближаться другъ къ другу; первыя располагаются все ниже и ниже, а вторыя—все выше и выше, и около времени квадратуръ (первая и послѣдняя четверти) амплитуда прилива достигаетъ наименьшей величины (фиг. 111), что̀ случается тоже каждые 14 дней (приблизительно).



Фиг. 111. Колебанія уровня при приливѣ.

Наблюдая моменты полныхъ водъ, не трудно замѣтить, что онѣ бываютъ около времени верхняго и нижняго прохожденій Луны черезъ меридіанъ мѣста, а малыя—приблизительно по серединѣ между этими моментами (т.-е. когда Луна находится около перваго вертикала). При этомъ каждая послѣдующая полная и малая вода опаздываютъ относительно момента предшествовавшей въ среднемъ на 12,5 м.; такимъ образомъ за сутки накопится около 50 м. опозданія явленія, т.-е. столько же, какъ и опозданіе прохожденія Луны черезъ верхнюю часть меридіана мѣста.

Въ свою очередь наибольшія амплитуды бываютъ около времени фазъ Луны, называемыхъ сизигіями, а наименьшія — около времени фазъ Луны, называемыхъ квадратурами.

Всѣ эти обстоятельства были подмѣчены еще до Р. Х. и тогда же привели къ заключенію, что явленіе приливовъ связано съ Луною. Прошло однако болѣе полторы тысячи лѣтъ, пока нашли и сумѣли выразить научнымъ образомъ зависимость между явленіемъ приливовъ и Луною; это открытіе было сдѣлано Ньютономъ на основаніи впервые имъ высказанныхъ законовъ всемірнаго тяготѣнія.

Наблюдая внимательно приливы или изучая таблицы тщательно произведенныхъ наблюденій, не трудно замѣтить еще нѣкоторыя особенности, представляющія уклоненія отъ идеально правильнаго хода явленія; но такъ какъ эти уклоненія правильно повторяются, то они тоже суть характерные признаки явленія.

Моменты полныхъ и малыхъ водъ всегда опаздываютъ относительно времени прохожденія Луны черезъ меридіанъ. Промежутокъ времени между верхнимъ или нижнимъ прохожденіями Луны черезъ меридіанъ и моментами полной воды называется *лунымъ промежуткомъ*, этотъ промежутокъ измѣняется въ нѣкоторыхъ предѣлахъ; среднее изъ многихъ лунныхъ промежутковъ во время сизигій называется *прикладнымъ часомъ*.

Лунные промежутки бываютъ *меньше* среднихъ между новолуніемъ и полнолуніемъ и слѣдующими за ними квадратурами. Лунные промежутки бываютъ *больше* среднихъ между квадратурами и слѣдующими за ними сизигіями.

Промежутки времени между полною и малою водою, а также малою и полною водою въ дѣйствительности никогда не бываютъ равны между собою, но различаются иногда до 2 ч. времени. Также точно и промежутки времени между сизигійными и квадратурными приливами неравны между собою.

При большомъ удаленіи Луны отъ экватора, т.-е. когда склоненіе Луны велико, всѣ мѣстныя отклоненія явленія отъ его нормальнаго хода увеличиваются въ размѣрахъ.

Всѣ эти особенности явленія подтверждаютъ преобладающее значеніе Луны въ возбужденіи явленія приливовъ.

Историческая замѣтка объ изученіи явленія приливовъ. — Явленіе приливовъ на берегахъ морей, гдѣ колебанія уровня, вызываемыя приливами, сколько-нибудь замѣтны, своею правильною повторяемостью должны были неминуемо обратить на

себѣ вниманіе береговыхъ жителей, тѣмъ болѣе, что послѣдніе всегда заняты рыболовствомъ, для котораго правильное колебаніе уровня имѣетъ большое практическое значеніе. Такимъ образомъ существованіе періодическихъ колебаній уровня было извѣстно, конечно, въ глубокой древности.

Геродотъ (484—428 до Р. Х.) былъ первый, который упоминаетъ о явленіи приливовъ въ своихъ трудахъ, именно о приливахъ въ Красномъ м. Въ Средиземномъ м. приливы очень невелики, и, хотя европейская цивилизація и зародилась на берегахъ этого моря, вполнѣ понятно, что явленіе приливовъ стало изучаться только послѣ плаваній грековъ за предѣлы Гибралтара.

Первыя наблюденія и выводы изъ нихъ были сдѣланы Питеасомъ (325 до Р. Х.) изъ греческой колоніи Массиліи (нынѣшняя Марсель), ученымъ мореплавателемъ, бывавшимъ не только въ Англіи, но и далѣе на сѣверъ. Наблюдая приливы у береговъ Англіи, гдѣ они очень велики и отличаются правильностью, Питеасъ былъ первый, который замѣтилъ зависимость между явленіемъ приливовъ и Луною, а именно, что полныя воды бываютъ около времени прохожденій Луны черезъ меридіанъ, а малыя — по серединѣ между ними; и второе, что амплитуда приливовъ измѣняется въ теченіе полумѣсяца вмѣстѣ съ фазами Луны; очевидно, для полученія такихъ выводовъ надо было наблюдать приливы и измѣрять амплитуды ихъ.

Посидоній (130—50 до Р. Х.), греческій ученый, считался знатокомъ явленія приливовъ и даже сдѣлалъ попытку выразить числомъ вліяніе Луны на приливы. Его описаніе приливовъ въ Кадиксѣ замѣчательно обстоятельно, при чемъ онъ указываетъ даже на существованіе разности амплитудъ приливовъ во время равноденствій и солнцестояній.

Первая попытка составить таблицы приливовъ относится къ 1213 г. (по Р. Х.), таблица была составлена для р. Темзы у Лондонскаго моста.

Взгляды Галилея (1564—1642 г.) на приливы не были особенно ясны. Кеплеръ (1571—1630 г.) внесъ болѣе серьезный вкладъ въ дѣло изученія явленія. Онъ указалъ, что, разбирая приливы, надо принимать во вниманіе не солнечныя сутки, а лунныя. Онъ же упоминаетъ впервые о 19-лѣтнемъ періодѣ приливовъ. Въ общемъ до открытія законовъ всемірнаго тяготѣнія представленія о причинахъ приливовъ не могли быть ясны.

Ньютонъ (1642—1727 г.) на основаніи законовъ всемірнаго тяготѣнія изложилъ свою теорію приливовъ, такъ называемую теорію равновѣсія, пользуясь которою онъ далъ первое объясненіе главныхъ особенностей приливовъ, какъ, напримѣръ, суточнаго неравенства, и первое вычисленіе величины силъ, производящихъ приливъ; всѣ послѣдующіе труды основаны на работѣ Ньютона.

Дальнѣйшее движеніе въ изученіи приливовъ принадлежитъ Д. Бернулли (1700—1782 г.), который развилъ теорію равновѣсія Ньютона и первый приспособилъ ее къ предсказанію приливовъ. Его работа была большимъ усовершенствованіемъ теоріи равновѣсія вообще.

Маклоренъ (1698—1746 г.) доказалъ тѣ стороны теоріи равновѣсія, которыя Ньютонъ далъ безъ подтвержденія; а именно, онъ окончательно подтвердилъ, что, подъ вліяніемъ притяженія Луны, однородная сфера должна принимать видъ эллипсоида вращенія.

Лапласъ (1749—1827 г.) первый приложилъ къ изученію приливовъ новый взглядъ, разбирая явленіе не какъ результатъ статическаго равновѣсія, а какъ родъ колебательнаго движенія частицъ воды, возбуждаемаго притяженіемъ каждой изъ нихъ Солнцемъ и Луною. Пользуясь предпринятыми по его настоянію наблюденіями въ Брестѣ (съ 1807 по 1822 г.), онъ провѣрилъ выводы своей теоріи, впервые показавшей, какимъ способомъ можно выразить аналитически какое либо періодическое явленіе. Работы Лапласа легли въ основаніе всѣхъ современныхъ пріемовъ изученія явленія приливовъ.

Лёббокъ (1803—1865 г.) много сдѣлалъ для примѣненія теоріи къ практикѣ предсказанія приливовъ и далъ для этого прекрасные примѣры. Онъ же высказалъ мысль о построеніи картъ распространенія приливовъ, на что уже указывалъ Юингъ, и хотя послѣдній и не построилъ подобныхъ картъ, но ему принадлежитъ терминъ «котидальная линія», т.-е линія, соединяющая мѣстности съ одновременными полными водами.

Уевель (1794—1866 г.) много работалъ по изученію приливовъ, и ему обязана наука многими одновременными наблюденіями въ большомъ числѣ мѣстъ въ Атлантическомъ океанѣ. Онъ же построилъ и первыя карты котидальныхъ линій для большей части Мірового океана. Однако къ концу своей дѣятельности онъ справедливо высказалъ сомнѣніе о правильномъ представленіи явленія такими картами для открытаго океана, оставляя ихъ для прибрежныхъ водъ, гдѣ приливъ распространяется по законамъ волнъ въ водахъ малой глубины.

Эри (1801—1892 г.) въ своихъ трудахъ, имѣющихъ отношеніе къ приливамъ, разобралъ случаи движенія волнъ въ каналахъ малой глубины сравнительно съ размѣрами волнъ. Онъ объяснилъ и показалъ, что треніе дѣйствительно можетъ произвести опозданіе въ наступленіи полной воды сравнительно съ моментомъ прохожденія Луны черезъ меридіанъ, какъ это почти вездѣ и наблюдается; обстоятельство, которое предшествовавшими теоріями не объяснялось. Онъ же приложилъ свою теорію ко многимъ случаямъ на практикѣ и показалъ, что она объясняетъ такія стороны явленія приливовъ у береговъ, которыя оставались до тѣхъ поръ не ясными (явленіе бора, смѣна приливныхъ теченій).

В. Томсонъ, лордъ Кельвинъ (1824—1908 г.) очень много сдѣлалъ для практической стороны вопроса предсказанія приливовъ. Онъ примѣнилъ пріемъ Лапласа—выраженіе прилива помощью особыхъ рядовъ и развилъ его въ гармоническій анализъ кривой колебанія уровня при приливѣ. Имъ былъ построенъ особый приборъ (въ 1878 г.) — гармоническій анализаторъ, рѣшавшій задачу механически. При помощи его можно было изъ кривой прилива за годовой періодъ въ какомъ-либо мѣстѣ вывести коеффиціенты прилива, подобно тому, какъ изъ наблюденій девіаціи получаются ея коеффиціенты. Пользуясь этими коеффиціентами, можно построить или вычислить кривую прилива для того же мѣста на годъ впередъ. Для облегченія выполненія этой задачи Томсонъ построилъ другой приборъ—приливопредсказатель (1876 г.).

Г. Дарвину (1845—1912 г.) принадлежитъ разработка важныхъ теоретическихъ вопросовъ приливовъ, между прочимъ, онъ высказалъ гипотезу о возникновеніи Луны, какъ слѣдствія приливовъ въ еще жидкой массѣ Земли. Онъ же разработалъ вопросъ о вліяніи прилива на замедленіе вращенія Земли на оси. Кромѣ того, Дарвинъ много работалъ надъ улучшеніемъ пріемовъ гармоническаго анализа и далъ удобные для выполненія его пріемы. Его статьи о приливахъ въ «Encyclopedia Britannica» представляютъ образцовыя изложенія вопроса, и имъ же написано одно изъ лучшихъ популярныхъ описаній современнаго состоянія теоріи приливовъ подъ заглавіемъ «Tides and Kindred phenomena in the Solar system», 1911, third edition.

Р. Гаррисъ въ недавнее время посвятилъ приливамъ громадный трудъ (1891—1910 г.), гдѣ онъ сдѣлалъ сводъ всего достигнутаго его предшественниками и изложилъ свою гипотезу распространенія прилива въ Міровомъ океанѣ, основанную на примѣненіи стоячихъ волнъ (сейшъ) къ явленію прилива.

Въ послѣдніе годы появилась сводная работа, принадлежащая перу нѣсколькихъ американскихъ ученыхъ, гдѣ пытаются доказать несостоятельность мнѣнія Дарвина о треніи прилива и замедленіи имъ вращенія земли. Оно озаглавлено «Contributions to cosmogony and the fundamental problems of geology. The tidal and other problems». 1909.

На русскомъ языкѣ изложеніе теоретической стороны вопроса о приливахъ имѣется въ «Энциклопедическомъ словарѣ", оно принадлежитъ В. В. Серафимову.

Описаніе примѣненія современныхъ пріемовъ и способовъ обработки приливовъ и ихъ предсказанія прекрасно изложено въ трудѣ А. М. Бухтѣева въ «Запискахъ по Гидрографіи» вып. XXXII, 1910 г., и тамъ же (вып. 1, т. XI, 1916 г.) помѣщено имъ описаніе явленія приливовъ у русскихъ береговъ на основаніи наблюденій въ 22 мѣстахъ и обработки ихъ по способу гармоническаго анализа.

Понятіе о причинахъ приливовъ. Лунный и солнечный приливы.—Попытки объяснить явленіе приливовъ и найти его причину дѣлались давно, но только послѣ открытія Ньютономъ законовъ всемірнаго тяготѣнія эти попытки получили твердое основаніе. Но и открытіе законовъ всемірнаго тяготѣнія стало возможнымъ только послѣ накопленія и изученія громадной массы наблюденій надъ движеніями небесныхъ свѣтилъ. Для солнечной планетной системы такіе матеріалы были уже въ значительной степени обработаны еще Кеплеромъ и выражены имъ тремя законами. Совокупность всѣхъ указанныхъ данныхъ и позволила Ньютону извлечь изъ нихъ законы всемірнаго тяготѣнія, выражающіе въ двухъ короткихъ уравненіяхъ всю сущность причинъ, управляющихъ движеніемъ въ пространствѣ какихъ угодно системъ матеріальныхъ точекъ.

Согласно этимъ законамъ притяженіе тѣлъ происходитъ:

I—прямо пропорціонально массамъ тѣлъ, и

II—обратно пропорціонально квадратамъ разстояній между ними.

Такимъ образомъ, если въ пространствѣ существуютъ два какихъ-либо тѣла, обладающихъ собственнымъ движеніемъ, напримѣръ, Земля и Луна, то каждое изъ нихъ будетъ притягивать другое съ одинаковою силою *), и въ результатѣ оба тѣла будутъ въ пространствѣ вращаться около общаго своего центра тяжести или центра массъ (центра инерціи системы), который не будетъ совпадать съ центромъ Земли или Луны, а будетъ находиться между ними и ближе къ центру Земли, нежели Луны, потому что масса первой больше массы второй (въ 81,5 раза). При этомъ, такъ какъ притяженіе каждаго изъ двухъ тѣлъ взаимно равно и противоположно, то эти силы не могутъ оказывать никакого вліянія на положеніе общаго центра тяжести системы, который потому, по отношенію къ даннымъ тѣламъ, и остается неподвижнымъ.

Общій центръ тяжести или центръ массъ обладаетъ тѣмъ же свойствомъ, что и центръ тяжести какого-либо тѣла, т.-е. всякая сила, заставляющая тѣло двигаться поступательно, можетъ быть разсматриваема какъ бы приложенная въ его центрѣ тяжести. Такъ и въ системѣ двухъ

*) Одинъ изъ основныхъ законовъ механики:—дѣйствіе равно противодѣйствію.

отдѣльныхъ тѣлъ, если на нее дѣйствуетъ какая-либо внѣшняя сила, то она дѣйствуетъ такъ же, какъ если бы ее приложили непосредственно къ общему центру тяжести системы.

На этомъ основаніи общій центръ тяжести системы Земля—Луна подъ вліяніемъ притяженія Солнца будетъ двигаться по эллиптической орбитѣ вокругъ солнца независимо отъ того, каковы будутъ взаимныя положенія Земли и Луны.

Въ какомъ же именно мѣстѣ на линіи, соединяющей центры Земли и Луны, будетъ находиться ихъ общій центръ тяжести? Это зависитъ отъ массъ обоихъ тѣлъ, и такъ какъ масса Земли въ 81,5 раза болѣе таковой же для Луны, то общій центръ тяжести системы будетъ находиться въ 81,5 раза ближе къ центру Земли, именно на разстояніи 0,7 земного радіуса, какъ это и показано на чертежѣ (фиг. 112) вверху, гдѣ З есть Земля, Л—луна, а точка Ц—общій ихъ центръ тяжести; черезъ него, для наглядности, проведена ось, вокругъ которой и обращается вся система. Размѣры Земли и Луны на чертежѣ пропорціональны ихъ величинамъ въ природѣ. Подъ этимъ рисункомъ на томъ же чертежѣ изображено то же самое, но разстояніе между Землею и Луною дано въ правильномъ масштабѣ, а именно 60 земныхъ радіусовъ, чтобы выяснить, насколько все-таки эта ось, вокругъ которой обращается система двухъ тѣлъ, близко лежитъ къ поверхности Земли.

Вычислить положеніе общаго центра тяжести не трудно слѣдующимъ образомъ. Пусть M есть масса Земли, а m—масса Луны, x—искомое разстояніе точки Ц (фиг. 112) отъ центра Земли, а y—разстояніе Ц отъ центра Луны, r—радіусъ Земли. Принимая $M = 81{,}5\,m$, а разстояніе отъ Земли до Луны равнымъ $60{,}3\,r$, имѣемъ:

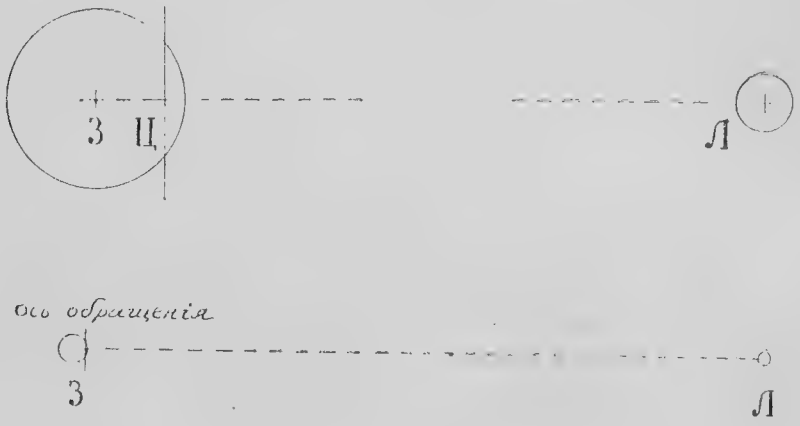
$$\frac{M}{m} = \frac{y}{x}; \quad \frac{81{,}5}{1} = \frac{y}{x}$$

$$\frac{81{,}5 + 1}{1} = \frac{x + y}{x} = \frac{60{,}3\,r}{x}$$

$$x = \frac{60{,}3}{82{,}5}\,r = 0{,}73\,r.$$

При обращеніи системы Земля—Луна вокругъ общей оси Ц, какъ и при всякомъ вращательномъ движеніи, развиваются въ каждомъ изъ тѣлъ центробѣжныя силы, стремящіяся удалить ихъ другъ отъ друга, а взаимное притяженіе Земли и Луны въ то же время и съ такою же силою ихъ удерживаетъ, совершенно уравновѣшивая вышеупомянутыя центробѣжныя силы.

Однако послѣднее разсужденіе справедливо, только если разсматривать оба тѣла въ цѣломъ, если же брать отдѣльныя частицы ихъ (частицы водной или воздушной оболочки Земли или твердой коры и внутренняго ядра), то по отношенію къ нимъ такой выводъ будетъ неправиленъ. Дѣйствительно, каждая отдѣльная частица Земли обра-



Фиг. 112. Общая ось обращенія Земли и Луны.

щается вокругъ оси Ц (фиг. 112) и потому обладаетъ нѣкоторою центробѣжною силою, и въ то же время та же частица притягивается Луною, но послѣднее притяженіе вовсе не уравновѣшиваетъ центробѣжную силу частицы, потому что только общая совокупность центробѣжныхъ силъ всѣхъ частицъ Земли уравновѣшивается притяженіемъ Луны.

Такимъ образомъ оказывается, что центробѣжная сила каждой частицы Земли, происходящая отъ ея вращенія вокругъ оси Ц, общей для обоихъ свѣтилъ, не уравновѣшивается притяженіемъ той же частицы Луною.

Между этими двумя силами, дѣйствующими на одну и ту же частицу Земли, образуется ***разность,*** которая и составляетъ ***приливообразующую силу Луны.***

Кромѣ вышеуказанныхъ движеній, Земля одновременно еще вращается на своей оси; при этомъ къ каждой частицѣ Земли прикладывается еще новая центробѣжная сила, возникающая при этомъ вращеніи, она не играетъ никакой роли въ образованіи приливовъ, и потому для упрощенія объясненія ихъ причины ее можно отбросить, т.-е., иначе говоря, сдѣлать на время предположеніе, что Земля стоитъ на своей

собственной оси неподвижно, обращаясь въ то же время вмѣстѣ съ Луною вокругъ оси Ц (фиг. 112), проходящей черезъ общій центръ тяжести системы Земля—Луна.

Послѣдствія такого предположенія наглядно видны на чертежѣ (фиг. 113). Въ серединѣ чертежа точка Ц показываетъ положеніе общаго центра тяжести системы тѣлъ Земля—Луна. Ось, вокругъ которой обращаются эти оба тѣла, перпендикулярна къ плоскости чертежа и проходитъ черезъ точку Ц. Въ точкѣ $З_1$ находится центръ Земли въ какой-нибудь моментъ, а окружность, проведенная сплошною чертою изъ центра $З_1$, есть земной экваторъ. Какъ видно на чертежѣ, ось Ц удалена отъ центра Земли на 0,7 радіуса. По другую сторону оси Ц въ разстояніи 60,3 земныхъ радіусовъ лежитъ Луна—$Л_1$.

При обращеніи Земли и Луны около оси Ц, центръ Земли опишетъ на плоскости чертежа (совпадающей съ плоскостью земного экватора) окружность, показанную черточками. Черезъ нѣкоторое время Луна перейдетъ въ $Л_2$, а центръ Земли въ $З_2$, потомъ въ $З_3$ и $З_4$.

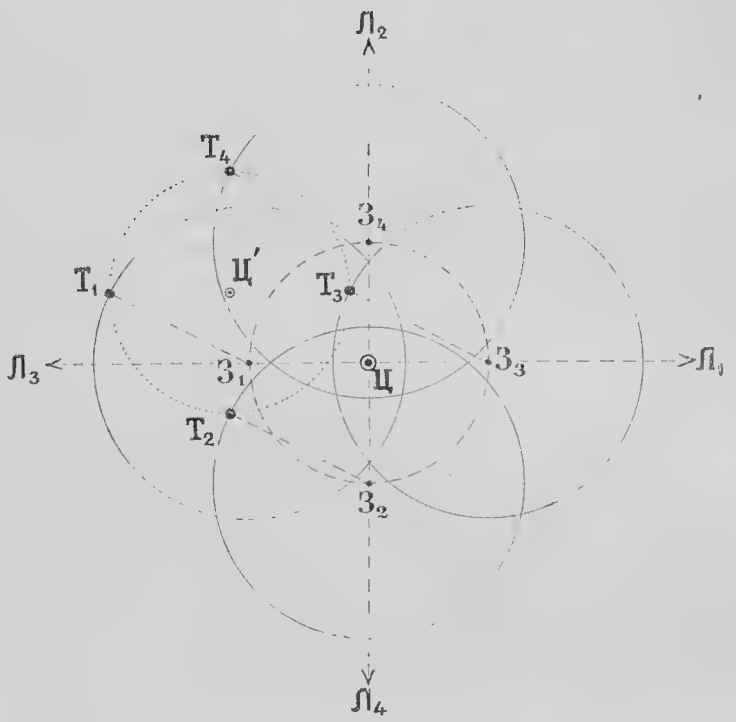
Такъ какъ, согласно сдѣланному предположенію, Земля не вращается на своей оси, то при обращеніи ея около общей съ Луною оси Ц, любой радіусъ Земли будетъ при этомъ сохранять въ пространствѣ параллельное положеніе. Напримѣръ, радіусъ $З_1 Т_1$ будетъ во всѣхъ положеніяхъ Земли параллеленъ своему первоначальному положенію ($З_2 Т_2$—$З_3 Т_3$—$З_4 Т_4$).

Сказанное выше не трудно пояснить примѣромъ. Если навести крестъ нитей въ трубѣ теодолита на какую-нибудь звѣзду, то, вслѣдствіе вращенія Земли на своей оси, въ слѣдующее мгновеніе крестъ нитей сойдетъ со звѣзды. Если же, какъ выше было предположено, Земля не вращается на своей оси, то крестъ нитей въ трубѣ, разъ наведенный на звѣзду, всегда и будетъ продолжать съ нею совпадать, такъ какъ размѣры земной орбиты сравнительно съ удаленіемъ до звѣзды ничтожны, и со всѣхъ точекъ годового пути Земли около Солнца направленія на звѣзду могутъ быть приняты параллельными *).

На чертежѣ точка на поверхности Земли, къ которой проведенъ радіусъ $Т_1 З_1$, избрана на экваторѣ, но и для всякой другой точки вышеприведенное разсужденіе будетъ одинаково вѣрнымъ.

---

*) Подобное обращеніе Земли около оси Ц можно уподобить обращенію педали на велосипедѣ вокругъ своей оси, при чемъ плоскость педали все время остается въ пространствѣ параллельной самой себѣ, хотя и совершаетъ въ то же время полный оборотъ около своей оси.



Фиг. 113. Четыре крайнихъ положенія Земли при обращеніи ея въ пространствѣ около общей оси съ Луною

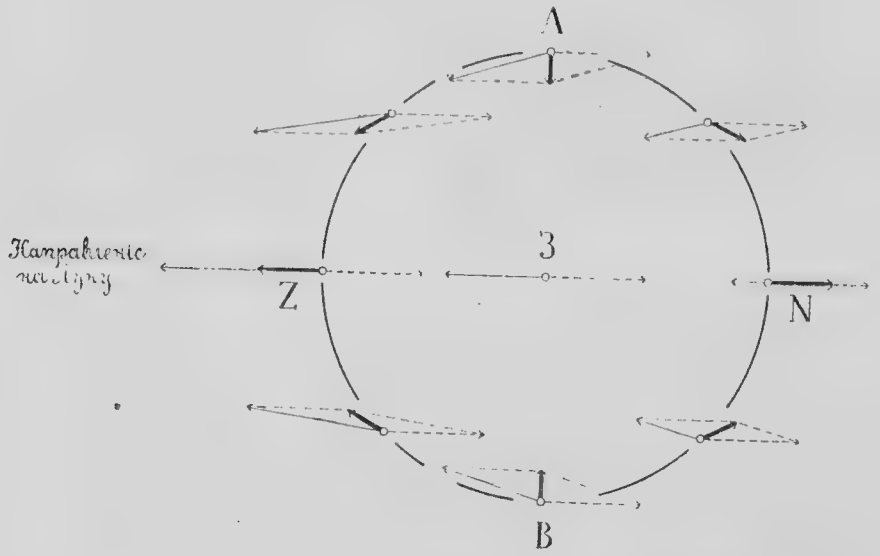
Отсюда вытекаетъ, что въ то время, какъ центръ Земли описываетъ на чертежѣ (фиг. 113) въ теченіе мѣсяца окружность $З_1$, $З_2$, $З_3$, $З_4$, точка на поверхности Земли—$Т_1$ опишетъ въ пространствѣ около центра $Ц^1$ пунктирную окружность одинаковаго радіуса. Если же какія-либо частицы одинаковыхъ массъ описываютъ около нѣкотораго центра одинаковую окружность и съ одинаковою скоростью, то ихъ центробѣжныя силы, очевидно, тоже одинаковы по величинѣ и одинаково направлены.

Каковы же направленія этихъ центробѣжныхъ силъ?—Изъ чертежа (фиг. 113) видно, что въ положеніи $З_1$ центробѣжная сила, возбужденная обращеніемъ Земли около общаго центра тяжести Ц, направлена отъ точки Ц къ $З_1$. Такъ какъ точка $Т_1$ обращается около своего центра $Ц^1$, то ея центробѣжная сила направлена по линіи $Ц^1 Т_1$, очевидно, параллельно линіи $Ц З_1$; а такъ какъ точка $Т_1$ была избрана произвольно, то и для всякой точки земной поверхности будетъ справедливъ выводъ:

При обращеніи Земли около общаго съ Луною

центра тяжести каждая точка на поверхности или внутри земного шара обладаетъ центробѣжною силою равною и одинаково направленною той центробѣжной силѣ, которая при этомъ обращеніи возникаетъ въ центрѣ Земли.

Остается теперь выяснить, каковъ будетъ результатъ совмѣстнаго дѣйствія на каждую частицу Земли двухъ силъ:—притяженія Луны и центробѣжной (образовавшейся, какъ только-что было изложено, отъ обращенія Земли и Луны около ихъ общаго центра тяжести).



Фиг. 114. Сложеніе центробѣжной силы и силы тяготѣнія къ Лунѣ, равнодѣйствующія (толстыя стрѣлки) и есть *приливообразующія силы.*

Слѣдующій чертежъ (фиг. 114) на плоскости земного экватора позволяетъ просто дать отвѣтъ на только-что поставленный вопросъ. Пусть на чертежѣ Луна находится въ плоскости экватора налѣво на продолженіи радіуса Земли—З Z. Точка Z обозначаетъ зенитъ, а N—надиръ наблюдателя, находящагося въ одной изъ точекъ экватора. Такъ какъ Луна находится налѣво, и общій центръ тяжести системы Земля—Луна лежитъ тоже налѣво между центромъ Земли и ея поверхностью, то, возбужденныя обращеніемъ этой системы около оси (перпендикулярной плоск. чертежа), проходящей черезъ общій центръ тяжести, центробѣжныя

силы въ каждой точкѣ Земли будутъ направлены направо, и, какъ выше было показано, онѣ будутъ вездѣ и равны и параллельны; на чертежѣ онѣ изображены въ каждой точкѣ пунктирными линіями, параллельными діаметру Z N.

Сила же, съ которою Луна притягиваетъ частицы Земли, будетъ для каждой изъ нихъ разная, потому что разстоянія ихъ отъ центра Луны неодинаковы, а сила притяженія обратно пропорціональна квадрату разстояній (то обстоятельство, что здѣсь берутся вторыя степени отъ разстояній, имѣетъ большое значеніе, увеличивая разности силъ даже для точекъ, близко лежащихъ другъ къ другу).

Всѣ эти силы направлены къ центру Луны, и на чертежѣ изображены въ каждой точкѣ тонкими, сплошными стрѣлками *). Въ правой половинѣ чертежа силы лунпаго притяженія изображены меньшими, а въ лѣвой—бо́льшими стрѣлками, сообразно величинамъ силъ.

Для центра Земли сила притяженія Луны имѣетъ, очевидно, среднюю величину изъ всѣхъ такихъ силъ для совокупности всѣхъ частицъ Земли, и она равна и прямо противоположна центробѣжной силѣ (см. выше), какъ это и показано на чертежѣ. Для всякой другой частицы Земли такого равенства этихъ силъ не существуетъ. Напримѣръ, для точекъ Z и N имѣемъ, что въ первой сила притяженія Луны наибольшая, а во второй—наименьшая изъ всѣхъ, что̀ на чертежѣ и выражено разными по величинѣ тонкими стрѣлками. Если теперь произвести въ точкахъ Z и N сложеніе силъ: тяготѣнія къ Лунѣ (тонкая стрѣлка) и центробѣжной (пунктирная стрѣлка), то получатся равнодѣйствующія силы, обозначенныя толстыми стрѣлками; онѣ будутъ почти равны другъ другу, но противоположны по направленію **).

Произведя подобное же сложеніе силъ и для другихъ точекъ земной поверхности, увидимъ, что равнодѣйствующія силы (на черт. толстыя стрѣлки) въ лѣвой половинѣ чертежа направлены налѣво, а въ правой—въ противоположную сторону, при чемъ размѣры ихъ съ удаленіемъ отъ Z и N все убываютъ, и наименьшую величину онѣ имѣютъ въ точкахъ A и B, т.-е. почти въ 90° отъ Z и N.

Эти равнодѣйствующія силы (на черт. толстыя стрѣлки) и есть ***приливообразующія силы*** въ каждой данной точкѣ Земли. На чертежѣ

*) На чертежѣ, конечно, величины силъ для ясности сильно преувеличены.

**) Строгимъ аналитическимъ путемъ выяснено, что эти двѣ равнодѣйствующія силы разнятся всего на 1 : 43 долю своей величины, именно сила въ N меньше силы въ Z.

опѣ показаны для точекъ, лежащихъ на земной поверхности и на экваторѣ; но такимъ же путемъ можно ихъ получить и для каждой точки, лежащей на поверхности или внутри Земли.

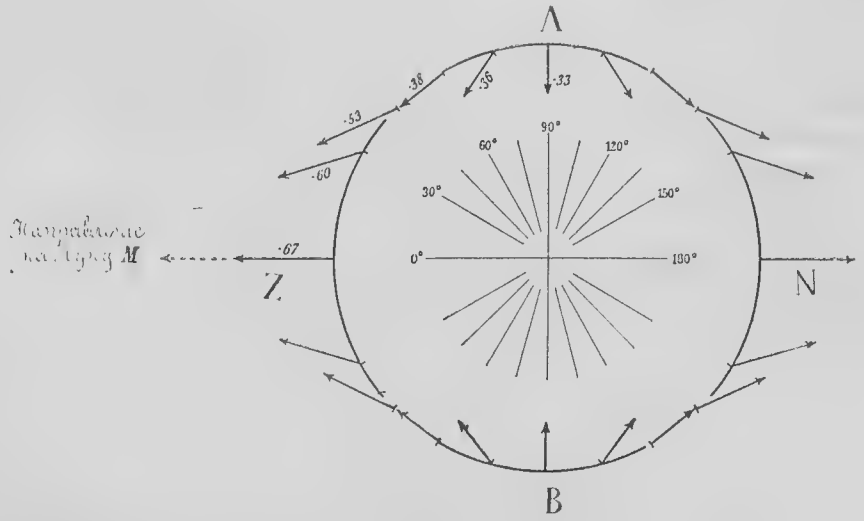
Слѣдовательно, въ каждой точкѣ Земли приливообразующая сила Луны есть равнодѣйствующая между тяготѣніемъ этой точки къ Лунѣ и центробѣжною силою въ той же точкѣ, происходящею отъ обращенія Земли и Луны около ихъ общаго центра тяжести.

Очевидно, только-что высказанный законъ остается справедливымъ, если вмѣсто Луны будетъ другое свѣтило, напримѣръ, Солнце.

На чертежѣ 114 ясно видно, что только въ центрѣ Земли сила тяготѣнія къ Лунѣ и центробѣжная сила (образовавшаяся отъ обращенія Луны и Земли около общаго ихъ центра тяжести) равны и прямо противоположны, т.-е. уравновѣшиваютъ одна другую. Во всѣхъ же остальныхъ точкахъ Земли эти силы неравны между собою, ихъ ***разность*** и составляетъ приливообразующую силу Луны, какъ это уже и было указано выше на стр. 291.

Такъ какъ объ эти силы въ каждой точкѣ Земли, кромѣ ея центра, направлены другъ къ другу подъ угломъ, то именно это послѣднее обстоятельство и обусловливаетъ образованіе разныхъ направленій приливообразующихъ силъ въ каждой точкѣ Земли, по одну сторону ея центра—направленныхъ къ Лунѣ, а по другую—отъ Луны.

Для большей наглядности на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 115) показаны направленія и относительные размѣры приливообразующей силы въ разныхъ точкахъ земного экватора, при условіи, что Луна нахо-



Фиг. 115. Направленія и относительныя величины приливообразующей силы Луны въ разныхъ точкахъ Земли.

дится въ этой же плоскости и налѣво. Въ точкахъ экватора A и B, удаленныхъ почти на 90° отъ линіи Z—N, приливообразующая сила всего половина (0,33) той же силы въ точкахъ, гдѣ Луна находится въ зенитѣ и надирѣ (0,67). Величины силъ на чертежѣ выражены десятыми и сотыми долями отъ единицы.

Изъ двухъ предшествовавшихъ чертежей (фиг. 114 и 115) видно, что приливообразующія силы, существующія въ разныхъ точкахъ земной поверхности, имѣютъ различное направленіе, и около точекъ, удаленныхъ на 90° отъ зенита и надира, направленія всѣхъ приливообразующихъ силъ идутъ отъ окружности къ центру Земли. Оба чертежа изображаютъ экваторіальное сѣченіе земного шара, но изъ сдѣланныхъ разсужденій, очевидно, слѣдуетъ, что вдоль окружностей всякихъ сѣченій Земли большими кругами, проходящими черезъ зенитъ и надиръ Луны, расположеніе, величины и направленія приливообразующихъ силъ будутъ точно такія же, какъ и на экваторѣ. Понятно также, что вдоль меридіана AB, перпендикулярнаго линіи ZN, приливообразующія силы вездѣ будутъ направлены во внутрь Земли; это справедливо и для цѣлаго меридіанальнаго пояса нѣкоторой ширины, лежащаго по обѣ стороны меридіана AB.

Здѣсь необходимо еще добавить, что каждая частица земного шара притягивается къ центру Земли, а потому, вслѣдствіе разныхъ направленій приливообразующихъ силъ въ различныхъ точкахъ Земли, онѣ будутъ складываться съ силою тяжести въ данной точкѣ, и въ результатѣ для мѣстностей, расположенныхъ въ зенитѣ и надирѣ и около нихъ, сила тяжести будетъ уменьшаться на величину приливообразующей силы, а вдоль меридіана AB и около него, напротивъ, приливообразующія силы будутъ увеличивать силу тяжести.

Величину приливообразующей силы Луны не трудно найти элементарнымъ путемъ, пользуясь законами всемірнаго тяготѣнія Ньютона.

Назовемъ черезъ μ массу земной частицы, равную единицѣ; черезъ k—постоянную силы всемірнаго тяготѣнія, т.-е. силу всемірнаго тяготѣнія при условіи, что разстояніе между частицами равно единицѣ, и массы частицъ тоже равны единицѣ.

Тогда на основаніи законовъ всемірнаго тяготѣнія: — притяженіе прямо пропорціонально массамъ и обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, — обозначивъ массу Луны черезъ m, а разстояніе отъ центра Земли до центра Луны — черезъ d, имѣемъ слѣдующее.

Сила притяженія Луны:

$$k\frac{\mu m}{d^2}.$$

Полученное выраженіе силы лунаго притяженія выведено для центра Земли; между тѣмъ нѣкоторыя точки земной поверхности лежатъ ближе къ Лунѣ, а другія дальше. Ближе всего къ Лунѣ точка Z (фиг. 114 и 115), на одинъ радіусъ, а дальше всего точка N, тоже на одинъ радіусъ. Какъ для этихъ крайнихъ точекъ, такъ и для всѣхъ другихъ, кромѣ центра Земли, величины силы притяженія ихъ Луною будутъ другія, нежели для центра Земли.

Выше было доказано, что центробѣжныя силы, образующіяся отъ обращенія Земли около общей съ Луною оси, одинаковы для каждой частицы Земли (см. стр. 294). Тамъ же было выяснено, что въ каждой точкѣ разность между силою притяженія Луною и только-что указанною центробѣжною силою именно и составляетъ приливообразующую силу Луны.

Слѣдовательно, отыскавъ выраженіе силы притяженія Луны для точекъ Z и N и вычтя изъ него одинаковыя величины центробѣжной силы, въ каждомъ случаѣ получимъ выраженіе для приливообразующей силы Луны въ ближайшей и дальнѣйшей отъ Луны точкахъ Земли.

Обозначивъ черезъ r радіусъ Земли, имѣемъ:

	для точки Z	для точки N
сила притяженія	$\frac{k\mu m}{(d-r)^2}$	$\frac{k\mu m}{(d+r)^2}$
центробѣжная сила	$\frac{k\mu m}{d^2}$	$\frac{k\mu m}{d^2}$
	$k\mu m\left[\frac{1}{(d-r)^2}-\frac{1}{d^2}\right]$	$k\mu m\left[\frac{1}{d^2}-\frac{1}{(d+r)^2}\right]$

Отбросивъ на время множители $k\mu m$, имѣемъ

$\frac{d^2-(d-r)^2}{d^2(d-r)^2}$	$\frac{(d+r)^2-d^2}{d^2(d+r)^2}$
$\frac{(d+d-r)(d-d+r)}{d^2(d-r)^2}$	$\frac{(d+r+d)(d+r-d)}{d^2(d+r)^2}$
$\frac{(2d-r)r}{d^2(d-r)^2}$	$\frac{(2d+r)r}{d^2(d+r)^2}$

Въ двухъ послѣднихъ выраженіяхъ величина r (радіусъ Земли) незначительна въ сравненіи съ величиною d и особенно $2d$. На этомъ основаніи пренебрегая ею во множителяхъ: $(d-r)^2$ и $(d+r)^2$ и $(2d-r)$ и $(2d+r)$, будемъ имѣть:

$$\frac{2dr}{d^2 d^2} \qquad \frac{2dr}{d^2 d^2}$$

$$\frac{2r}{d^3} \qquad \frac{2r}{d^3}$$

или, вновь умноживъ на $k\mu m$, получаемъ для Луны:

приливообразующія силы: $k\mu m \frac{2r}{d^3}$ $\qquad$ $k\mu m \frac{2r}{d^3}$.

Слѣдовательно, при допущеніи, что величиною одного радіуса Земли сравнительно съ разстояніемъ до Луны $\left(r \text{ почти } \frac{1}{60} d\right)$ можно пренебречь, получается для точекъ Земли, имѣющихъ въ данный моментъ Луну въ зенитѣ и въ надирѣ, что приливообразующая сила имѣетъ одинаковую величину. Въ дѣйствительности она въ надирѣ на 1:43 меньше, нежели въ зенитѣ.

Кромѣ Луны, есть еще другое приливообразующее свѣтило — Солнце. Все, что̀ выше было выведено для системы тѣлъ Земля—Луна, остается справедливымъ и для системы тѣлъ Земля—Солнце; только въ этомъ случаѣ общій центръ тяжести системы будетъ лежать не внутри Земли, а далеко отъ ея центра, внутри Солнца, потому что масса послѣдняго очень велика сравнительно съ земною массою.

Нѣтъ надобности для Солнца повторять только-что сдѣланныхъ разсужденій; очевидно, что для Солнца приливообразующая сила будетъ выражаться для зенита и надира такъ:

$$k\mu S \frac{2r}{D^3}$$

гдѣ S есть масса Солнца, а D — разстояніе между центрами Солнца и Земли.

При полученіи даннаго выраженія сдѣлано такое же допущеніе о малости земного радіуса сравнительно съ разстояніемъ до Солнца (около 23 500 радіусовъ), какъ и при рѣшеніи этого вопроса для Луны.

Очевидно, что для Солнца приливообразующія силы въ зенитѣ и надирѣ будутъ еще болѣе близки другъ къ другу.

Получивъ выраженія для приливообразующихъ силъ Луны и Солнца, можно найти ихъ относительную величину; а именно:

$$\frac{k\mu m\frac{2r}{d^3}}{k\mu S\frac{2r}{D^3}} = \frac{m}{S}\cdot\frac{D^3}{d^3} = \frac{\frac{1}{81,5}\times 23\,484^3\,r}{333\,400\times 60,3^3 r} = 2,171.$$

Такимъ образомъ приливообразующая сила Луны въ два съ небольшимъ раза больше таковой же силы Солнца, несмотря на то, что масса послѣдняго въ 30 милліоновъ разъ больше массы Луны. Этотъ результатъ есть слѣдствіе вліянія разстояній между Землею и свѣтилами; разстоянія въ выраженіи для приливообразующей силы находятся въ знаменателѣ и еще въ третьей степени, а такъ какъ разстояніе отъ Земли до Солнца почти въ 390 разъ больше, нежели до Луны, то его приливообразующая сила и получается въ два раза меньше лунной, хотя масса Солнца во много разъ больше Луны.

Для того, чтобы получить представленіе о величинѣ приливообразующей силы, надо сравнить ее съ какою-нибудь силою на Землѣ, величина коей извѣстна изъ наблюденій. Такою силою является сила тяжести.

На основаніи законовъ всемірнаго тяготѣнія сила тяжести для частицы массы μ, лежащей на поверхности Земли, такова:

$$k\mu\frac{M}{r^2}$$

гдѣ M есть масса Земли. Остается найти отношеніе этой силы къ приливообразующей силѣ Луны:

$$\frac{k\mu m\frac{2r}{d^3}}{\frac{k\mu M}{r^2}} = 2\,\frac{mr^3}{Md^3},$$

что приблизительно равно $1:9\,000\,000$ доли силы тяжести или $0,000\,000\,111\,76\ g$.

Такимъ образомъ даже наибольшая величина лунной приливообразующей силы, какая бываетъ въ точкахъ Земли, гдѣ Луна въ зенитѣ и надирѣ, составляетъ очень маленькую долю силы тяжести, и на-

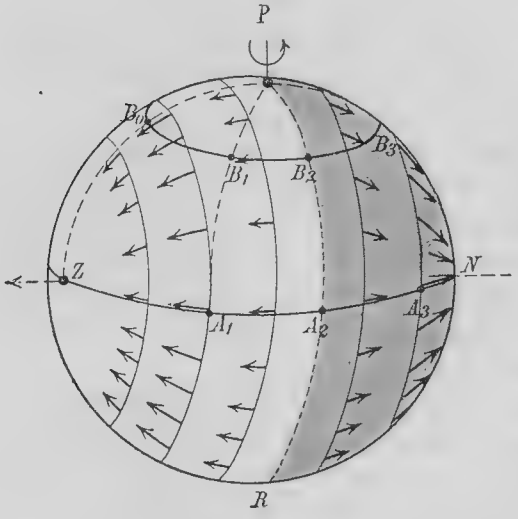
правлена она въ сторону, противоположную силѣ тяжести, а для точекъ земной поверхности A и B, удаленныхъ отъ Z и N почти на 90° (фиг. 114 и 115), приливообразующая сила еще въ два раза меньше, т.-е. всего одна восемнадцати-милліонная доля силы тяжести, но направленіе ея здѣсь совпадаетъ съ силою тяжести (см. стр. 297).

Слѣдовательно, каждое тѣло и каждая водная частичка, имѣя Луну въ зенитѣ или надирѣ, становятся легче на 1 : 9 000 000 долю своего вѣса, а въ точкахъ земной поверхности, удаленныхъ отъ Z и N на 90°, они становятся тяжелѣе на 1 : 18 000 000 долю своего вѣса. То же самое справедливо и для Солнца, только, вслѣдствіе меньшей величины его приливообразующей силы (въ 2,1 раза), измѣненія силы тяжести, вслѣдствіе ея вліянія, тоже меньше, нежели для Луны.

Разборъ явленія прилива при условіи, что Луна и Солнце находятся на экваторѣ. — Всѣ предшествующія разсужденія относились главнымъ образомъ къ экваторіальному сѣченію Земли, теперь же остается выяснить, каковы будутъ результаты дѣйствія приливообразующихъ силъ Луны и Солнца, приложенныхъ въ любой точкѣ земной поверхности, если допустить, что Міровой океанъ покрываетъ Землю со всѣхъ сторонъ слоемъ одинаковой глубины.

Согласно сказанному выше, въ точкахъ земной поверхности, гдѣ Луна находится въ зенитѣ и надирѣ, приливообразущія силы направлены вдоль продолженныхъ радіусовъ, т.-е. нормально къ земной поверхности. То же самое существуетъ и вдоль всего меридіана (AB на фиг. 114, 115), удаленнаго на 90° отъ точекъ Z и N. Слѣдовательно, во всѣхъ этихъ мѣстахъ приливообразующія силы не могутъ произвести никакого передвиженія частицъ воды вдоль поверхности земли, а только вліяютъ на вѣсъ частицъ. Во всѣхъ же другихъ точкахъ земной поверхности приливообразующія силы направлены подъ различными углами къ земнымъ радіусамъ (см. фиг. 114 и 115), и потому, при разложеніи этихъ силъ на двѣ составляющія, перпендикулярныя другъ другу, одна изъ составляющихъ можетъ быть избрана совпадающею съ земнымъ радіусомъ въ той же точкѣ, тогда другая составляющая пойдетъ по касательной къ земной поверхности и будетъ лежать въ плоскости большого круга, проходящаго черезъ эту точку и точки Z и N. Первая составляющая будетъ слагаться съ силою тяжести въ каждой точкѣ, а вторая — будетъ образовать горизонтальную составляющую приливообразующихъ силъ.

Такъ какъ глубина океана сравнительно съ радіусомъ Земли очень мала (около 1 : 1.740), и величина приливообразующихъ силъ тоже не велика (около 1 : 9.000.000 силы тяжести), то и вертикальная и горизонтальная составляющія ея не велики, особенно вертикальная, къ тому же не играющая никакой роли въ явленіи образованія прилива, и потому горизонтальная составляющая есть главная приливообразующая сила.



Фиг. 116. Горизонтальныя составляющія приливообразующей силы Луны.

Только-что сказанное изображено на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 116), гдѣ въ перспективѣ представлена Земля; въ точкѣ P—ея сѣверный полюсъ, стрѣлка около него показываетъ направленіе суточнаго вращенія. Кругъ $ZA_1A_2A_3N$ есть экваторъ, Луна находится въ плоскости экватора, т.-е. склоненіе ея равно нулю; линія Z N показываетъ направленіе на Луну, которая находится въ зенитѣ точки Z. Черезъ полюсъ P и точки B_2, A_2 и R проходитъ меридіанъ, являющійся въ то же время и кругомъ освѣщенія для Луны; очевидно, что его положеніе соотвѣтствуетъ линіи AB на фиг. 114 и 115, и потому вдоль меридіана PR приливообразующія силы направлены по радіусамъ внутрь Земли, а горизонтальныя составляющія тутъ равны нулю. Черезъ мѣста на поверхности Земли, гдѣ горизонтальныя составляющія приливообразующей силы имѣютъ равныя величины, проведенъ рядъ малыхъ круговъ, параллельныхъ кругу освѣщенія. По мѣрѣ удаленія отъ меридіана PA_2R горизонтальныя составляющія увеличиваются и достигаютъ на нѣкоторомъ маломъ кругѣ наибольшей величины, затѣмъ онѣ начинаютъ убывать, и въ точкѣ Z онѣ снова равны нулю. По другую сторону меридіана PA_2R горизонтальныя составляющія приливообразующихъ силъ распредѣляются точно такъ же, только тамъ онѣ направлены отъ Луны къ надиру. Очевидно, что всѣ горизонтальныя составляющія пер-

перпендикулярны къ окружностямъ малыхъ круговъ, какъ это и показано на чертежѣ (фиг. 116).

Къ каждой частицѣ воды приложена своя горизонтальная составляющая приливообразующей силы, при чемъ всѣ ихъ направленія сходятся на линіи Z и N. Эти силы возбудятъ въ океанѣ перемѣщенія частицъ воды, направленныя къ точкамъ Z и N; эти перемѣщенія, разъ возбужденныя, будутъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока уровенная поверхность океана около точекъ Z и N не поднимется настолько, что напряженія обратнаго направленія, вызванныя уже силою тяжести вслѣдствіе появленія уклона поверхности, не уравновѣсятъ первыхъ. Въ этотъ моментъ въ океанѣ наступитъ равновѣсіе, и его поверхность подъ вліяніемъ приливообразующей силы и силы тяжести приметъ форму «вытянутаго эллипсоида вращенія», одна изъ выпуклостей котораго будетъ направлена къ центру Луны, а другая—прямо отъ него. Эллипсоидъ прилива будетъ расположенъ симметрично относительно экватора.

Изъ только-что сказаннаго понятно, почему излагаемая теорія приливовъ называется теоріей равновѣсія.

Такимъ образомъ въ точкахъ Z и N уровень океана будетъ всего выше приподнятъ надъ естественнымъ, невозмущеннымъ Луною уровнемъ. По мѣрѣ удаленія отъ Z и N поверхность океана будетъ приближаться къ естественному уровню, затѣмъ вдоль нѣкоторыхъ малыхъ круговъ *), параллельныхъ меридіану PA_2R, она пересѣчетъ естественную уровенную поверхность, которую имѣли бы воды при отсутствіи дѣйствія Луны, и далѣе она вездѣ будетъ лежать уже ниже ея. Тамъ, гдѣ поверхность океана будетъ лежать выше средняго уровня океана, это будетъ соотвѣтствовать явленію прилива, а въ противоположныхъ мѣстахъ—явленію отлива. При чемъ наибольшіе приливы будутъ только въ двухъ точкахъ Z и N, а наибольшій отливъ будетъ вдоль всей окружности меридіана PA_2R.

Луна собственнымъ движеніемъ вокругъ Земли совершаетъ полный оборотъ въ $27^1/_3$ дней, при чемъ за сутки она проходитъ часть своего пути, соотвѣтствующую 50 мин. во времени, т.-е. въ теченіе сутокъ Луна очень мало перемѣщается по отношенію къ Землѣ. За тотъ же

*) Это случится на томъ маломъ кругѣ, гдѣ радіусъ земного шара, проведенный къ окружности этого круга, составитъ съ линіей, соединяющей центры Луны и Земли, уголъ въ 54°40′.

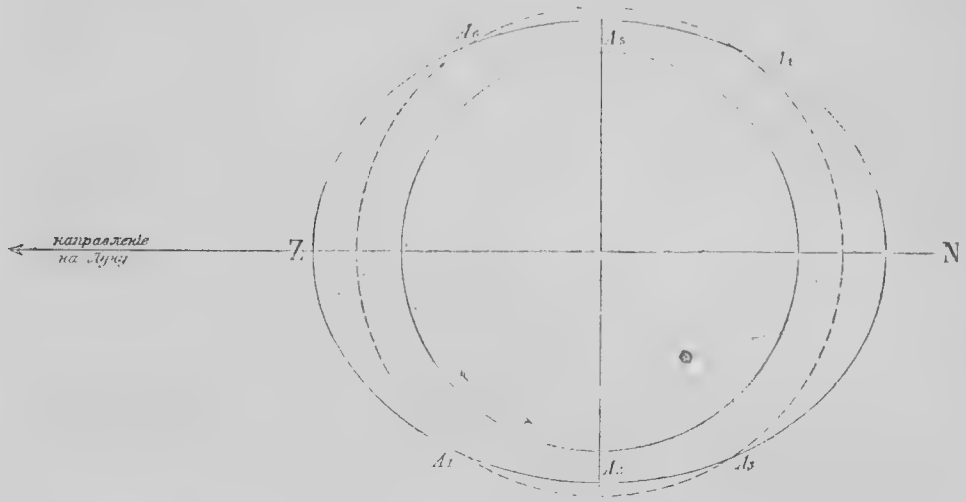
періодъ времени Земля совершаетъ полный оборотъ на оси, вслѣдствіе чего каждая точка ея экватора за тотъ же промежутокъ времени успѣетъ пройти дважды черезъ линію ZN, остающуюся въ пространствѣ направленной къ центру Луны, передвигающейся за сутки на одну 27-ю долю своего мѣсячнаго пути (во времени на уголъ въ 50 мин.).

Такъ какъ въ точкахъ Z и N и около нихъ уровень все время стоитъ выше средняго, т.-е. существуетъ приливъ, а въ точкѣ A_2 и въ антиподѣ къ ней—все время отливъ, то именно вслѣдствіе суточнаго вращенія Земли, и только по этой причинѣ, въ каждой точкѣ экватора будетъ дважды въ сутки случаться приливъ и дважды отливъ.

Если, напримѣръ, Луна находится въ полнолуніи, то для какого-нибудь мѣста на экваторѣ, совпадающаго въ этотъ моментъ съ точкою Z линіи ZN (см. фиг. 116), Луна будетъ на его меридіанѣ въ 12 ч. ночи, и одновременно въ немъ будетъ наблюдаться и наиболѣе высокое положеніе уровня океана или приливъ, т.-е. полная вода. Вслѣдствіе вращенія Земли, избранное на экваторѣ мѣсто какъ бы пойдетъ по поверхности Земли по направленію стрѣлки около полюса P, и уровень въ немъ станетъ понижаться, т.-е. начнется отливъ. Черезъ 3 ч. 6 м. избранное мѣсто прійдетъ въ точку A_1, гдѣ уровень океана занимаетъ среднее положеніе между приливомъ и отливомъ. При дальнѣйшемъ вращеніи Земли въ томъ же мѣстѣ экватора явленіе отлива будетъ продолжаться, и когда мѣсто черезъ 6 ч. 12,5 м. прійдетъ въ точку A_2, то уровень океана займетъ самое низкое положеніе, т.-е. наступитъ малая вода (см. также фиг. 111). Начиная съ этого момента, при дальнѣйшемъ вращеніи Земли уровень океана въ избранномъ мѣстѣ экватора начнетъ повышаться, т.-е. наступитъ явленіе прилива, и когда мѣсто прійдетъ въ точку A_3, то уровень океана снова займетъ среднее положеніе, это будетъ черезъ 9 ч. 19 м. послѣ прохожденія Луны черезъ меридіанъ мѣста въ точкѣ Z. Черезъ 12 ч. 25 м., т.-е. немного послѣ полдня, избранное на экваторѣ мѣсто прійдетъ въ точку N, гдѣ уровень второй разъ въ сутки займетъ самое высокое положеніе, т.-е. наступитъ вторая полная вода.

При дальнѣйшемъ вращеніи Земли явленіе начнетъ повторяться, и въ 6 ч. 37,5 м. дня избранное на экваторѣ мѣсто окажется на меридіанѣ PB_2A_2, но по другую сторону Земли, и въ немъ вторично за сутки будетъ наблюдаться малая вода. Наконецъ черезъ 24 ч. 50 м. отъ момента верхняго прохожденія Луны, т.-е. 50 м. послѣ полуночи, избранное

мѣсто прійдетъ снова въ точку Z *), и въ немъ будетъ опять полная вода. Такимъ образомъ два прилива и два отлива будутъ случаться въ теченіе 24 ч. 50 м.



Фиг. 117. Разрѣзъ лунаго эллипсоида прилива по экватору, когда склоненіе Луны равно нулю.

Для большей ясности вышеизложеннаго здѣсь данъ еще чертежъ разрѣза Земли по экватору (фиг. 117), соотвѣтствующій чертежу фиг. 116. Названія точекъ сохранены тѣ же самыя. Внутренняя окружность изображаетъ границу твердаго ядра Земли, пунктирная окружность соотвѣтствуетъ положенію поверхности океана при условіи отсутствія возмущающихъ внѣшнихъ силъ (приливообразующихъ силъ Луны и Солнца), т.-е. только подъ вліяніемъ силы тяжести и центробѣжной силы отъ вращенія Земли на оси. Слѣдовательно, пунктирная окружность есть естественная уровенная поверхность океана. Эллиптическая кривая $ZA_1A_2A_3$ . . . . . есть поверхность океана, какую онъ принялъ подъ вліяніемъ приливообразующей силы Луны.

*) Точка Z (фиг. 116), лежащая на поверхности Земли, есть точка, гдѣ Луна находится въ зенитѣ. Такъ какъ Луна собственнымъ движеніемъ обращается около Земли въ ту же сторону, какъ и Земля суточнымъ вращеніемъ, и за 24 ч. Луна по своей орбитѣ проходитъ уголъ, равный 50 мин. во времени, то слѣдовательно и точка Z на поверхности Земли передвинется въ ту же сторону по экватору (склоненіе Луны = нулю). Потому-то Земля, совершивъ полный оборотъ на оси въ 24 часа, должна будетъ еще повернуться на уголъ въ 50 мин., чтобы та же самая точка ея поверхности опять имѣла Луну въ зенитѣ,

Изъ чертежа видно, что при суточномъ вращеніи Земли по направленію стрѣлки какое-нибудь мѣсто на экваторѣ, бывшее въ нѣкоторый моментъ въ точкѣ Z, гдѣ Луна въ зенитѣ, будетъ имѣть въ тотъ же моментъ полную воду; затѣмъ, по мѣрѣ вращенія Земли, въ этомъ мѣстѣ начнется отливъ, и когда оно дойдетъ до A_1, то въ немъ будетъ наблюдаться средній уровень. Въ точкѣ A_2 будетъ малая вода, въ A_3 — опять средній уровень и въ точкѣ N — снова полная вода черезъ 12 ч. 25 м. послѣ первой въ точкѣ Z; потому что, пока Земля совершила на оси полъ-оборота, Луна успѣла передвинуться собственнымъ движеніемъ въ ту же сторону, куда вращается и Земля, на уголъ, равный 25 м. во времени.

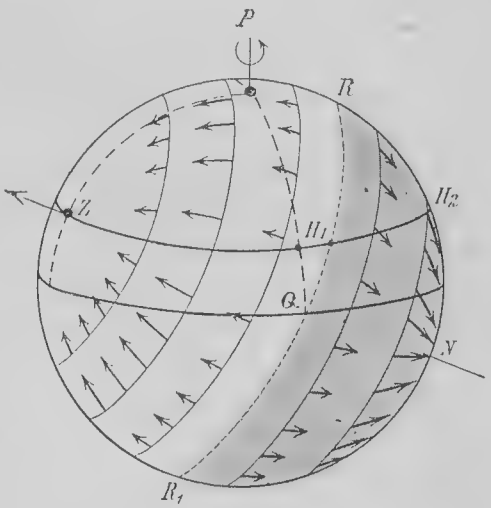
Если взять на земной поверхности мѣсто, лежащее не на экваторѣ, а въ какой-либо широтѣ, напримѣръ, B_0 (фиг. 116), и предположить, что въ данный моментъ оно находится на одномъ меридіанѣ съ точкою Z, т.-е. имѣетъ Луну въ меридіанѣ, то при вращеніи Земли на оси явленіе прилива и отлива въ этомъ мѣстѣ будетъ происходить точно такъ же, какъ и разобранное выше для мѣста на экваторѣ.

Когда избранное на параллели мѣсто прійдетъ въ точку B_0, то въ немъ наблюдается полная вода, въ точкѣ B_1 — средній уровень, въ B_2 — малая вода, въ B_3 — средній уровень и т. д. Разница въ ходѣ явленія прилива сравнительно съ экваторомъ состоитъ только въ томъ, что амплитуды прилива будутъ меньше, и, по мѣрѣ того, какъ избираемое мѣсто будетъ лежать все въ болѣе и болѣе высокой широтѣ, амплитуды будутъ становиться меньше и меньше, пока около полюса она не станетъ равна нулю. Въ приполярныхъ странахъ, при условіи нахожденія Луны на экваторѣ, лунный приливъ долженъ отсутствовать, а будетъ наблюдаться только лунный отливъ, такъ какъ уровень будетъ все время стоять ниже нормальнаго.

Солнечный приливъ. — Все вышесказанное одинаково справедливо и для Солнца. Явленіе солнечнаго прилива, при вращеніи Земли на оси, будетъ послѣдовательно проходить черезъ тѣ же фазы, какъ и для луннаго прилива, съ тою однако разницею, что промежутки времени между полными и малыми водами будутъ для солнечнаго прилива равны 6 ч., и за 24 ч. будетъ точно два прилива и два отлива, что для луннаго прилива случается въ 24 ч. 50 м., кромѣ того амплитуда солнечнаго прилива будетъ меньше луннаго въ отношеніи ихъ приливообразующихъ силъ, т.-е. какъ 1 : 2,17 (см. стр. 300).

Суточное и параллактическое неравенства прилива. — *Суточное неравенство.* — Достаточно взглянуть въ какія-либо таблицы эфемеридъ Луны, напримѣръ, въ *Nautical Almanac* или *Connaissance de temps,* чтобы увидѣть, какъ часто и быстро мѣняется склоненіе Луны. Слѣдовательно, только-что описанный въ предшествующей статьѣ характеръ явленія прилива, при условіи нахожденія Луны на экваторѣ, есть сравнительно рѣдкій случай, повторяющійся ежемѣсячно два, иногда три раза. Въ остальное же время Луна находится вдали отъ экватора, временами до 27° — 28° то къ S, то къ N, что̀ должно значительно видоизмѣнять характеръ явленія прилива.

На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 118) повторено изображеніе горизонтальныхъ составляющихъ приливообразующихъ силъ, но при условіи, что Луна находится въ своемъ наибольшемъ сѣверномъ склоненіи, почему и точка Z, для которой Луна въ зенитѣ, будетъ лежать въ широтѣ около 28°с.



Фиг. 118. Горизонтальныя составляющія приливообразующей силы Луны, когда свѣтило въ наибольшемъ сѣверномъ склоненіи.

При вращеніи Земли на оси мѣсто на избранной параллели, находившееся въ полночь въ точкѣ Z и имѣвшее въ это время полную воду, будетъ приблизительно черезъ 6 ч. 30 м. *), т.-е. утромъ, находиться въ точкѣ H_1 (пересѣченіе круга освѣщенія Луны RR_1 съ параллелью ZH_2), гдѣ наблюдается малая вода. При дальнѣйшемъ вращеніи Земли уровень океана начнетъ подниматься, и наступитъ приливъ, и, черезъ 12 ч. 25 м., т.-е. 25 м. послѣ полдня, опять въ этомъ мѣстѣ будетъ на-

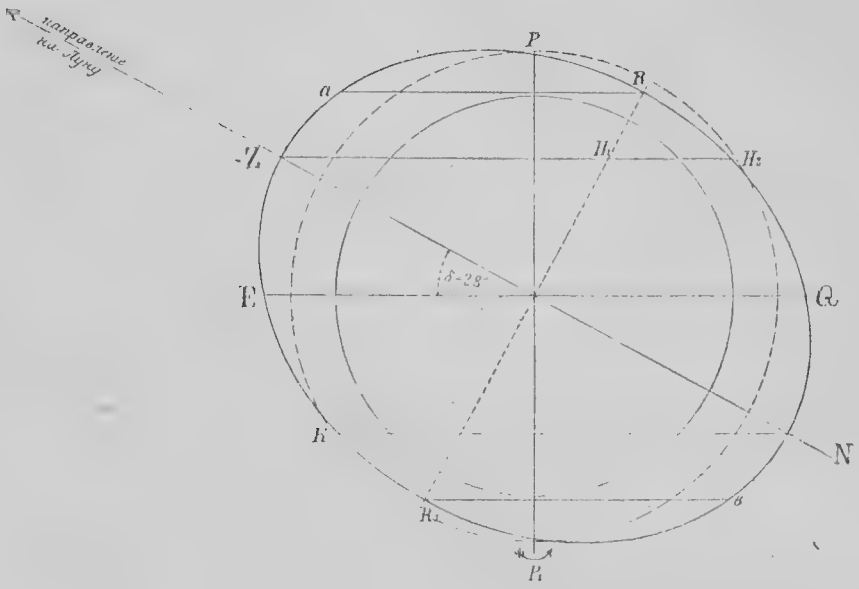
*) Черезъ 6 ч. 30 м., а не черезъ 6 ч. 12,5 м., какъ это было бы при условіи склоненія Луны равнаго нулю (см. стр. 304), потому что теперь, когда склоненіе Луны 28° сѣв., кругъ освѣщенія RH_1R_1 пересѣкаетъ экваторъ подъ острымъ угломъ (см. фиг. 118), почему мѣсто на параллели ZH_1H_2 черезъ 6 ч. 12,5 м. дойдетъ только до меридіана PQ, и надо еще нѣкоторое время, чтобы оно дошло до точки H_1 — пересѣченія параллели съ кругомъ RR_1, вдоль котораго уровень океана стоитъ всего ниже, какъ было указано выше (см. стр. 303).

блюдаться полная вода, потому что Луна будетъ для него въ этотъ моментъ въ нижнемъ прохожденіи. Однако въ точкѣ H_2 (собственно, лежащей по другую сторону чертежа), куда пришло суточнымъ вращеніемъ Земли взятое на избранной параллели мѣсто, повышеніе уровня океана при полной водѣ окажется меньше, нежели оно было въ точкѣ Z, потому что ось эллипсоида лунаго прилива ZN теперь направлена подъ угломъ къ экватору, и точка H_2 отстоитъ отъ точки N (гдѣ поднятіе уровня одинаково съ точкою Z) на $2 \times 28° = 56°$. При дальнѣйшемъ вращеніи Земли въ 6 ч. 20 м. вечера въ избранномъ на параллели мѣстѣ будетъ средній уровень; и въ 12 ч. 50 м. ночи, т.-е. черезъ 24 ч. 50 м., оно снова совпадетъ съ точкою Z, и въ немъ будетъ наблюдаться полная вода, только уровень послѣдней поднимется выше, чѣмъ это было въ точкѣ H_2.

Разница въ высотѣ уровней полныхъ водъ въ зенитѣ и надирѣ произошла вслѣдствіе наклонности оси эллипсоида лунаго прилива къ экватору, потому что послѣдній дѣлитъ эллипсоидъ прилива на двѣ не симметричныя части.

Понятно, что какія бы мѣста ни избирать на Землѣ, для каждаго изъ нихъ амплитуды прилива въ верхнемъ и нижнемъ прохожденіяхъ не будутъ равны между собою. Исключеніе составляютъ только мѣста на экваторѣ, гдѣ амплитуды въ обоихъ прохожденіяхъ Луны будутъ одинаковы, и на обоихъ полюсахъ, гдѣ, какъ и при условіи нахожденія Луны въ нулевомъ склоненіи, въ теченіе сутокъ уровень не будетъ измѣняться, но онъ будетъ стоять выше того положенія, какое этотъ уровень имѣлъ здѣсь при условіи нахожденія Луны на экваторѣ (см. фиг. 115 и 116), потому что теперь ось эллипсоида лунаго прилива находится всего въ 62° отъ полюса (дуга ZP), а на чертежахъ (фиг. 116 и фиг. 117), гдѣ Луна была на экваторѣ, ось эллипсоида была удалена отъ полюса на 90°, почему тогда около полюса уровень стоялъ ниже.

Для большей ясности на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 119) изображенъ разрѣзъ Земли по меридіану, соотвѣтствующій перспективному изображенію ея на фиг. 118; Луна находится въ томъ же наибольшемъ сѣверномъ склоненіи около 28°, слѣдовательно, для всѣхъ мѣстъ на параллели ZH_2 она послѣдовательно проходитъ черезъ ихъ зениты, и стрѣлка показываетъ направленіе на нее. Сплошная окружность на чертежѣ есть граница твердаго ядра Земли, а пунктирная—есть поверхность океана при условіи отсутствія возмущенія ея приливообразующею силою Луны, т.-е. естественная уровенная поверхность. Эллиптическая кривая



Фиг. 119. Разрѣзъ луннаго эллипсоида прилива по меридіану при Лунѣ въ наибольшемъ склоненіи.

есть поверхность, которую принимаетъ океанъ подъ вліяніемъ притяженія Луны *). PP_1 есть земная ось, а пунктирная линія RR_1 есть проекція круга освѣщенія Луны на плоскость меридіана, EQ — экваторъ, ZH_2 та же параллель, что̀ и на фиг. 118; эти линіи есть и на перспективномъ чертежѣ фиг. 118. Стрѣлка около полюса показываетъ направленіе суточнаго вращенія Земли.

Изъ чертежа видно, что, вслѣдствіе суточнаго вращенія Земли каждое мѣсто параллели ZH_2 будетъ передвигаться отъ Z къ H_2; при этомъ, когда данное мѣсто будетъ совпадать съ точкою Z, т.-е. Луна будетъ въ зенитѣ его, то въ немъ будетъ полная вода. Когда же мѣсто, вслѣдствіе вращенія Земли, прійдетъ въ H_1 (H_1 есть проекція соотвѣтственной точки земной поверхности), то въ немъ будетъ малая вода, а въ H_2 опять будетъ полная вода, но только амплитуда прилива въ Z будетъ значительно больше, нежели въ H_2, что̀-и видно на чертежѣ изъ сравненія поверхности эллипсоида прилива съ поверхностью естественнаго уровня. Такимъ образомъ за 24 ч. 50 м. во всѣхъ мѣстахъ на

*) Какъ естественная уровенная поверхность океана, такъ и эллипсоидальная поверхность его подъ вліяніемъ Луны, конечно, не могутъ быть, въ масштабѣ чертежа, изображены; разстоянія между ними и между твердымъ ядромъ преувеличены значительно.

параллели ZH_2 будетъ два прилива и два отлива, но амплитуды ихъ въ зенитѣ и надирѣ будутъ различныя.

Такое неравенство въ амплитудахъ, какъ выше уже было сказано, происходитъ отъ того, что ось эллипсоида лунаго прилива расположена наклонно къ экватору (дуга ZE равна 28°), и потому послѣдній дѣлитъ эллипсоидъ прилива на двѣ не симметричныя части, а слѣдовательно и кругъ освѣщенія RR_1 дѣлитъ каждую параллель тоже на двѣ неравныя части.

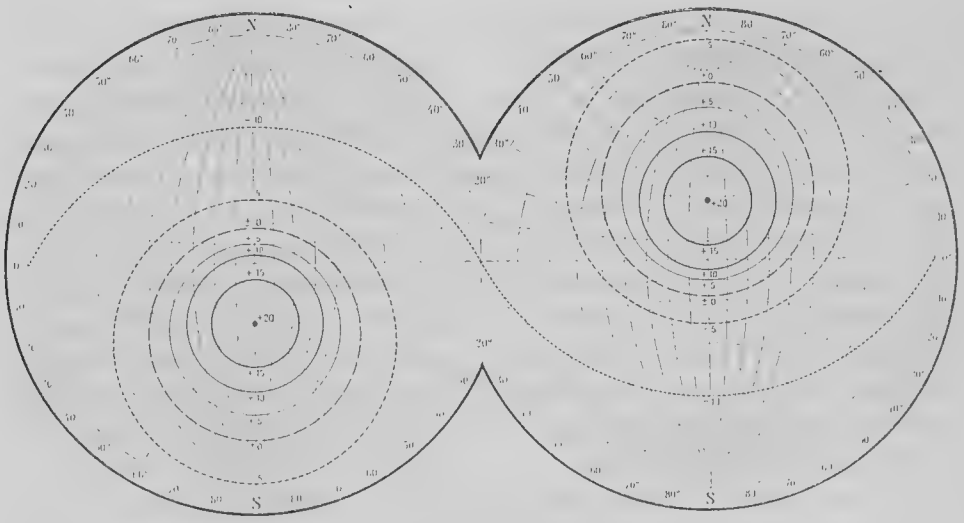
Очевидно, что, кромѣ экватора, для каждой параллели до широтъ точекъ R и R_1 будетъ существовать указанное неравенство въ амплитудахъ приливовъ; для всѣхъ же мѣстъ на параллеляхъ, проходящихъ черезъ точки R и R_1 (параллели: $a\,R$ и $R_1\,b$ на черт.) будетъ за сутки только одна полная вода, когда Луна въ зенитѣ (a), затѣмъ въ этомъ мѣстѣ начнется отливъ, и въ надирѣ черезъ 12 ч. 25 м. (R) будетъ малая вода, послѣ чего начнется приливъ. На полюсахъ въ теченіе сутокъ уровень будетъ сохранять неизмѣнное положеніе.

Описанное неравенство въ амплитудахъ приливовъ называется ***суточнымъ неравенствомъ*** прилива по ***высотѣ.***

Выше было указано, что, при условіи нахожденія Луны на экваторѣ, для каждаго мѣста на Землѣ промежутки времени между послѣдовательными полными и малыми водами вездѣ одинаковы и равны 6 ч. 12,5 м. Когда же Луна находится въ какомъ-либо склоненіи, то, какъ видно на чертежахъ (фиг. 118 и 119), малая вода, напримѣръ, для мѣстъ на параллели ZH_2, слѣдующая за полною водою въ зенитѣ, случится не черезъ 6 ч. 12,5 м., а позже, потому что уровень океана стоитъ всего ниже вдоль круга RR_1, и пересѣченіе его съ параллелью, точка H_1, лежитъ не по серединѣ между точками Z и H_2, а ближе ко второй. Въ свою очередь, промежутокъ времени между малою водою въ точкѣ H_1 и полною водою въ надирѣ въ точкѣ H_2 будетъ меньше 6 ч. 12,5 м. Это будетъ замѣчаться на всѣхъ параллеляхъ, кромѣ экватора и параллелей $a\,R$ и $R_1\,b$.

Такимъ образомъ, вслѣдствіе той же причины, нахожденія Луны въ какомъ-либо склоненіи, а не экваторѣ, получается, кромѣ неравенства въ амплитудахъ, еще неравенство и въ промежуткахъ времени между моментами полныхъ и малыхъ водъ, или, какъ говорятъ, ***суточное неравенство*** прилива ***во времени.*** Просматривая таблицы приливовъ, не трудно замѣтить случаи обоихъ родовъ этихъ суточныхъ неравенствъ*).

*) Напр., просмотрите фиг. 132, гдѣ даны примѣры таблицъ.



Фиг. 120. Стереографическая проекція эллипсоида прилива на поверхности Земли при Лунѣ въ наибольшемъ склоненіи.

Слѣдующій чертежъ (фиг. 120) даетъ изображеніе всей поверхности Земли на двухъ полушаріяхъ въ экваторіальной стереографической проекціи съ меридіанами и параллелями черезъ 10°; въ избранный моментъ Луна имѣетъ наибольшее сѣверное склоненіе 28°, слѣдовательно, она находится въ зенитѣ черной точки на правомъ полушаріи, около которой стоитъ цифра +20. Такая же точка на лѣвомъ полушаріи имѣетъ Луну въ надирѣ; объ эти точки соотвѣтствуютъ точкамъ Z и N на чертежахъ фиг. 118 и фиг. 119; на первомъ видно, что всѣ горизонтальныя составляющія приливообразующей силы, которыя, какъ выше было показано, и возбуждаютъ приливъ и отливъ въ океанѣ (см. стр. 302), сходятся на земной поверхности къ точкамъ, гдѣ Луна находится въ зенитѣ и надирѣ. Послѣдствіемъ такого направленія приливообразующихъ силъ является возникновеніе эллипсоида лунаго прилива, крайнія точки выступовъ коего лежатъ на линіи ZN и на данномъ чертежѣ (фиг. 120) совпадаютъ съ двумя черными точками (+20). Вокругъ нихъ на чертежѣ проведено нѣсколько окружностей, представляющихъ изогипсы прилива и отлива *); одна изъ нихъ — черточками — соотвѣтствуетъ пересѣченію

*) Изогипсами въ геодезіи называютъ кривыя, проведенныя на мѣстности черезъ точки, одинаково возвышающіяся надъ среднимъ уровнемъ океана. Ихъ часто называютъ въ топографіи и картографіи — горизонталями. Система изогипсъ какой-либо мѣстности даетъ картину ея рельефа.

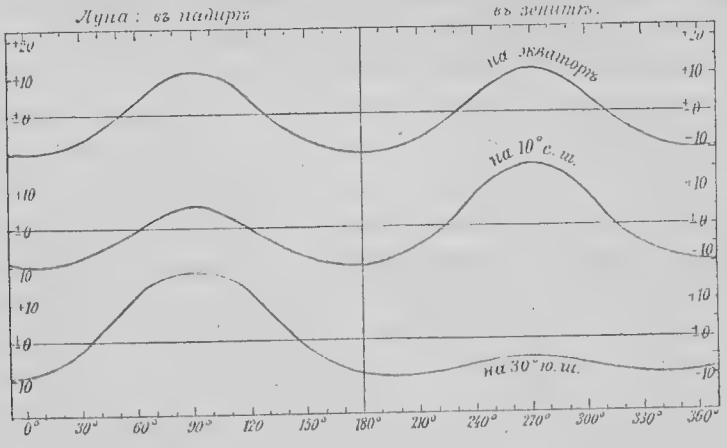
поверхности эллипсоида прилива съ естественною поверхностью уровня, не возмущенною Луною, она потому и отмѣчена ± 0. Остальныя изогипсы проведены черезъ точки, гдѣ поднятія эллипсоида луннаго прилива соотвѣтствуютъ 5, 10, 15 и 20 нѣкоторымъ произвольнымъ единицамъ. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ поверхность эллипсоида прилива лежитъ ниже естественной поверхности уровня, проведены изогипсы — 5 и — 10. Послѣдняя изогипса соотвѣтствуетъ линіямъ AB на чертежахъ фиг. 114 и 115 и окружности RR_1 на фиг. 118; она проходитъ на Землѣ тамъ, гдѣ уровень въ данный моментъ стоитъ всего ниже, т.-е. черезъ мѣста съ самою низкою малою водою, тогда какъ самая высокая полная вода случается только въ двухъ точкахъ (+ 20), и уровень въ нихъ приблизительно въ два раза больше приподнятъ, нежели онъ опущенъ въ полосѣ наибольшаго отлива (— 10).

Крайній лѣвый меридіанъ можетъ быть принятъ за нулевой, тогда меридіанъ NS на лѣвомъ полушаріи будетъ 90°, между полушаріями — 180°, средній праваго полушарія — 270° и крайній правый — 360°. Для упрощенія описанія допустимъ, что въ теченіе сутокъ Луна остается на томъ же мѣстѣ въ небесномъ пространствѣ; тогда, предполагая, что при суточномъ обращеніи Земли какое-либо мѣсто на экваторѣ вступаетъ въ предѣлы чертежа, начиная съ его лѣваго края, имѣемъ, что въ этотъ моментъ въ немъ будетъ наблюдаться малая вода — 10; черезъ 6 ч. избранное мѣсто прійдетъ на меридіанъ 90°, гдѣ будетъ полная вода + 12; черезъ 12 ч. мѣсто будетъ на меридіанѣ 180° и снова окажется на линіи отлива — 10, т.-е. въ немъ опять будетъ малая вода. Затѣмъ начнется приливъ, и черезъ 18 ч. на меридіанѣ 270° будетъ полная вода + 12, а черезъ 24 ч. на меридіанѣ 360° уровень, понижаясь, дойдетъ снова до малой воды — 10 на правой окраинѣ чертежа.

Если выбрать мѣсто на параллели 10° с. ш., то въ немъ, при суточномъ вращеніи Земли, сначала будетъ пониженіе уровня, пока оно не дойдетъ до линіи наибольшей малой воды — 10, потомъ начнется повышеніе уровня, сперва медленное, потомъ быстрѣе, и, менѣе чѣмъ черезъ 6 ч., мѣсто прійдетъ на меридіанъ 90°, гдѣ будетъ полная вода + 5; затѣмъ ранѣе, чѣмъ мѣсто дойдетъ до меридіана 180°, въ немъ уже будетъ малая вода — 10; а когда оно дойдетъ до меридіана 270°, то наступитъ полная вода + 16, т.-е. въ три раза болѣе высокая, нежели когда Луна была въ надирѣ мѣста. Затѣмъ начнется отливъ, и пониженіе уровня будетъ продолжаться болѣе 6 ч.

Для мѣста, лежащаго на параллели 30° ю. ш., явленіе будетъ протекать такъ. При вступленіи въ предѣлы чертежа слѣва въ этомъ мѣстѣ наблюдается приливъ, и уровень будетъ продолжать повышаться до 90° меридіана, гдѣ Луна прійдется въ зенитѣ мѣста, тогда въ немъ будетъ полная вода +20, т.-е. наибольшая возможная изъ всѣхъ высокихъ водъ. Потомъ начнется отливъ и малая вода —10 случится не черезъ 6 ч., а позже, приблизительно на меридіанѣ 200°; потомъ начнется очень мало замѣтный приливъ, и полная вода будетъ на меридіанѣ 270° всего —5, послѣ чего опять наступитъ отливъ, и малая вода случится, когда мѣсто прійдетъ на меридіанъ 340°.

Такимъ образомъ, вслѣдствіе нахожденія Луны въ склоненіи 28° с., не только амплитуды приливовъ въ зенитѣ и надирѣ не будутъ одинаковы, но и продолжительность прилива и отлива будетъ одновременно разная въ разныхъ широтахъ, потому что моменты малой воды будутъ въ южномъ полушаріи приближаться ко времени полной воды въ зенитѣ и удаляться отъ моментовъ полной воды въ надирѣ, а въ сѣверномъ полушаріи обратно.



Фиг. 121. Кривыя колебанія уровня, получающіяся на разрѣзахъ, перпендикулярныхъ къ плоскости чертежа фиг. 120, по экватору и параллелямъ 10° с. ш. и 30° ю. ш.

Все вышеизложенное пояснено еще и на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 121), гдѣ даны три кривыя колебанія уровня за сутки для мѣстъ: на экваторѣ и на параллеляхъ 10° с. ш. и 30° ю. ш. На графикѣ видно, что для экватора суточнаго неравенства не существуетъ;

для 10° с. ш., при Лунѣ въ надирѣ, полная вода меньше, и моменты малыхъ водъ приближены къ моменту полной воды въ надирѣ; для 30° ю. ш., при Лунѣ въ надирѣ, наблюдается высокая полная вода, а при Лунѣ въ зенитѣ почти нѣтъ повышенія уровня, и получается какъ бы одинъ приливъ въ сутки; при этомъ моменты малыхъ водъ приближены къ моменту полной въ зенитѣ.

Склоненіе Луны измѣняется непрерывно и два раза въ мѣсяцъ, а иногда и три, оно достигаетъ наибольшей величины (28°), а слѣдовательно и суточное неравенство въ каждой широтѣ ежедневно измѣняется и по амплитудѣ и по времени.

Все сказанное выше относится къ Лунѣ, но оно также справедливо и для Солнца, которое тоже измѣняетъ свое склоненіе, а слѣдовательно солнечные приливы должны тоже быть подвержены явленію суточнаго неравенства, и такъ какъ склоненіе Солнца бываетъ 23°,5 с. и ю., то и для солнечнаго прилива суточное неравенство достигаетъ замѣтной величины, но зато оно очень медленно измѣняется, потому что склоненіе Солнца мѣняетъ свой знакъ не два раза въ мѣсяцъ, какъ у Луны, а два раза въ годъ. Солнечные приливы въ 2,2 раза меньше лунныхъ, слѣдовательно, и суточное неравенство въ солнечномъ приливѣ должно быть менѣе замѣтно выражено, нежели въ лунномъ. Понятно, что при совпаденіи одноименныхъ и наибольшихъ склоненій для Луны и Солнца суточное неравенство получитъ наибольшую величину, вообще же оно будетъ очень разнообразно видоизмѣнять явленіе прилива въ каждомъ мѣстѣ.

Параллактическое неравенство. — Луна обращается около Земли по эллиптической орбитѣ въ теченіе 27 сут. третью дней, при этомъ она бываетъ одинъ разъ въ наибольшемъ удаленіи отъ Земли (апогей, разстояніе 63,7 земныхъ радіусовъ) и разъ въ наименьшемъ (перигей, разстояніе 57,0 з. р.), между тѣмъ приливообразующая сила зависитъ отъ третьей степени разстоянія $\left(2\,k\,\mu\,m\,\frac{r}{d^3}\right)$, слѣдовательно, даже небольшія измѣненія въ разстояніи сказываются замѣтными величинами въ приливообразующей силѣ, которая въ перигеѣ почти на 40% больше, нежели въ апогеѣ.

Отсюда возникаетъ новое неравенство въ амплитудахъ приливовъ, а именно — параллактическое съ періодомъ въ 27 сут. третью дней.

Разстояніе до Солнца также измѣняется въ теченіе года, въ Іюлѣ

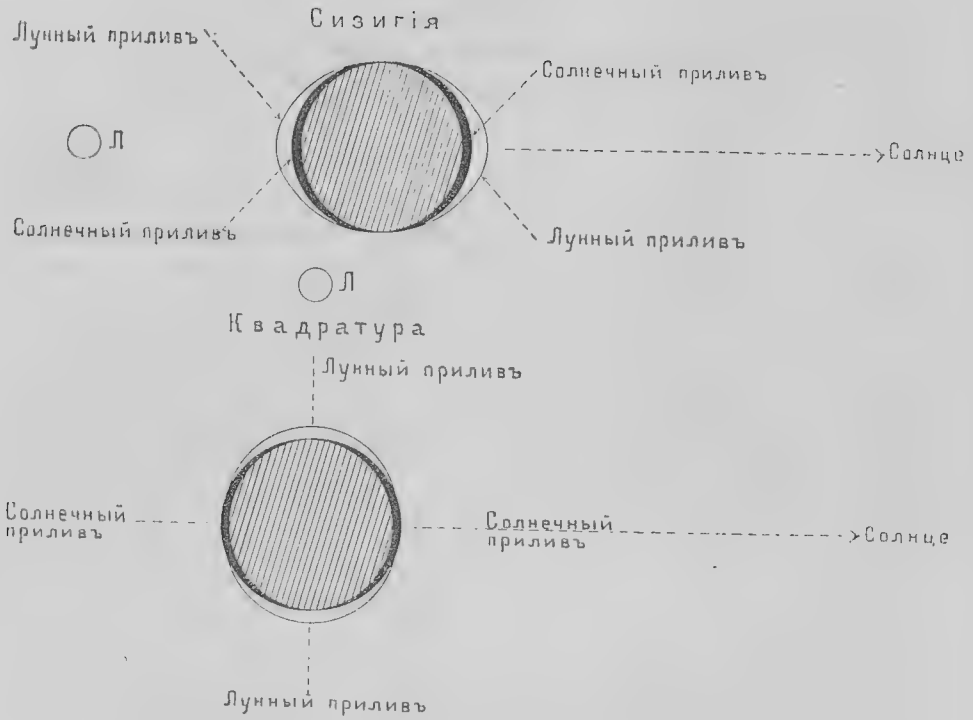
Земля находится въ наибольшемъ удаленіи (апогей, 2-го Іюля н. ст. разстояніе 23.731 земн. рад.), а въ Январѣ—въ наименьшемъ разстояніи (перигей, 2-го Января н. ст. разстояніе 22.949 з. р.); вслѣдствіе этой причины, величина приливообразующей силы Солнца измѣняется въ теченіе года приблизительно на 10%.

Періодъ измѣненія разстоянія отъ Земли до Луны, или лунаго параллакса, 27 съ третью дней, а періодъ солнечнаго параллакса—годъ, вслѣдствіе несоизмѣримости этихъ періодовъ получаются разнообразныя сочетанія измѣненій въ приливообразующихъ силахъ Луны и Солнца.

Полумѣсячное неравенство прилива.—Въ предшествовавшемъ разсмотрѣны по отдѣльности лунный и солнечный приливы и ихъ видоизмѣненія, остается посмотрѣть, какъ эти два прилива сочетаются между собою въ природѣ, гдѣ, конечно, наблюдается совокупность обоихъ приливовъ, такъ какъ приливообразующія силы Луны и Солнца складываются, и равнодѣйствующая ихъ въ каждый моментъ и производитъ лунно-солнечный приливъ.

Направленія приливообразующихъ силъ Луны и Солнца, вслѣдствіе обращенія Луны вокругъ Земли и послѣдней около Солнца, непрерывно измѣняются. Если направленіе отъ Земли къ Солнцу измѣняется въ теченіе мѣсяца немного, то направленіе къ Лунѣ за то же время измѣнится на 360°, при чемъ два раза,—въ сизигіи,—оно совпадетъ съ направленіемъ на Солнце и два раза,—въ квадратуры,—будетъ перпендикулярно къ нему.

Такъ какъ каждая дѣйствующая на тѣло сила дѣйствуетъ самостоятельно, то Луна производитъ свой эллипсоидъ прилива, а Солнце—свой, независимо другъ отъ друга. Эти эллипсоиды складываются всѣми возможными способами въ періодъ полумѣсяца (въ сущности, въ теченіе 13⅝ дней), и въ результатѣ получается два раза въ мѣсяцъ совпаденіе направленій большихъ осей эллипсоидовъ приливовъ (въ сизигіи), вслѣдствіе чего къ поднятію уровня отъ солнечнаго прилива прикладывается еще такое же отъ луннаго прилива; одновременно отъ лунной малой воды отнимается еще солнечная малая вода, и въ результатѣ совокупная амплитуда прилива получается наибольшая. На чертежѣ (фиг. 122) вверху показано положенія Земли, Луны и Солнца въ сизигіи и видно, что совокупная полная вода образуется изъ полныхъ водъ лунной (бѣлая полоска) и солнечной (черная полоска), а малая—изъ малыхъ водъ лунной и солнечной.

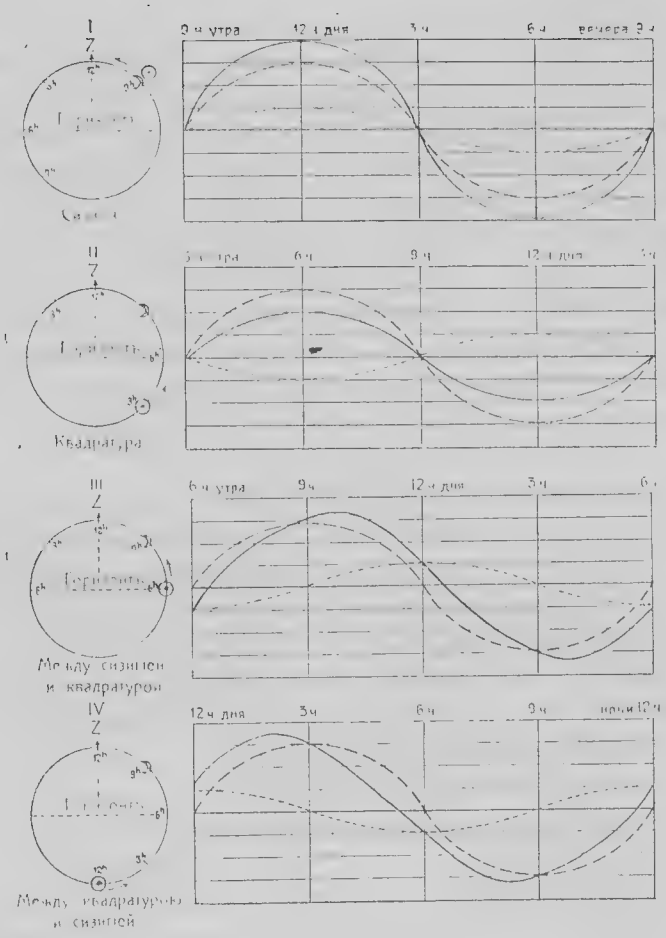


Фиг. 122. Объясненіе сизигійнаго и квадратурнаго приливовъ.

Въ квадратуры *) (фиг. 122, внизу) оси эллипсоидовъ приливовъ лунаго и солнечнаго расположены перпендикулярно другъ къ другу, и потому солнечному приливу соотвѣтствуетъ лунный отливъ, а лунный приливъ совпадаетъ съ солнечнымъ отливомъ, и при вращеніи Земли на оси въ каждомъ мѣстѣ суточное колебаніе уровня совершается въ меньшемъ размѣрѣ, потому что амплитуда лунаго прилива уменьшается снизу солнечнымъ приливомъ, а сверху — солнечнымъ отливомъ (см. фиг. 111, стр. 285)

Такимъ образомъ два раза въ мѣсяцъ получается наибольшая амплитуда—въ сизигіи, и два раза—наименьшая, въ квадратуры. Такое измѣненіе амплитудъ прилива называется полумѣсячнымъ неравенствомъ прилива.

*) Сизигіи выражаются въ фазахъ Луны полнолуніемъ и новолуніемъ, а квадратуры — первою четвертью и послѣднею.



Фиг. 123. Объясненіе сложенія луннаго и солнечнаго приливовъ въ сизигіи и квадратуры.

На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 123) изображено только-что описанное сложеніе луннаго и солнечнаго приливовъ для какого-либо мѣста, лежащаго на экваторѣ. Слѣдовательно, зенитъ избраннаго мѣста будетъ также находиться на экваторѣ, съ которымъ будетъ совпадать и первый вертикалъ. Предполагая, что склоненія Солнца и Луны равны нулю, имѣемъ, что суточнымъ движеніемъ оба приливообразующія свѣтила будутъ описывать экваторъ, на плоскости коего горизонтъ мѣста проектируется по діаметру экватора. На чертежѣ съ лѣвой стороны даны окружности, изображающія экваторъ, который оба свѣтила и описываютъ суточнымъ движеніемъ. На рис. I изображено положеніе свѣтилъ

въ одну изъ сизигій (новолуніе), когда Солнце и Луна кульминируютъ въ полдень, и можно допустить, что въ теченіе сутокъ оба свѣтила находятся все время въ одномъ мѣстѣ въ пространствѣ, тогда они опишутъ за 24 ч. полную окружность по экватору. На чертежѣ взятъ моментъ, когда Луна находится по серединѣ между восходомъ (6 ч. утра) и верхнимъ прохожденіемъ (12 ч. дня), т.-е. когда положеніе уровня луннаго прилива соотвѣтствуетъ среднему уровню, что будетъ въ 9 ч. утра средняго солнечнаго времени. Рядомъ, направо, дано изображеніе колебанія уровня океана въ зависимости отъ луннаго и солнечнаго приливовъ по отдѣльности за 12 ч., при чемъ на ординатахъ отложены высоты уровней въ разные часы, а болѣе толстая горизонтальная прямая есть положеніе средняго уровня. Тонкая пунктирная кривая изображаетъ колебаніе уровня отъ солнечнаго прилива, прерывистая кривая — отъ луннаго прилива, а сплошная кривая есть колебаніе уровня отъ совокупнаго дѣйствія обоихъ приливовъ; она получается алгебраическимъ сложеніемъ ординатъ двухъ первыхъ кривыхъ, считая ординаты отъ линіи средняго уровня съ разными знаками въ разныя стороны.

На графикѣ рис. I кривыя уровней луннаго и солнечнаго приливовъ начинаются въ 9 ч. утра отъ линіи средняго уровня; въ 12 ч. дня они достигаютъ наивысшей точки своего колебанія (въ этотъ моментъ оба свѣтила въ верхней кульминаціи); въ 3 ч. дня снова для обоихъ приливовъ наступаетъ средній уровень; въ 6 ч. вечера отливъ достигаетъ до малой воды, послѣ чего начинается приливъ, и въ 9 ч. вечера снова кривыя луннаго и солнечнаго приливовъ сходятся на среднемъ уровнѣ.

Сплошная кривая, изображающая наблюдаемый въ данномъ мѣстѣ составной сизигійный лунно-солнечный приливъ, лежитъ выше или ниже обѣихъ кривыхъ и имѣетъ амплитуду больше, нежели каждый изъ составляющихъ приливовъ, равную суммѣ ихъ амплитудъ. Это и есть сизигійная амплитуда прилива, наибольшая изъ всѣхъ въ теченіе полумѣсяца.

На рис. II Луна взята въ тотъ же моментъ своего суточнаго пути, что и на рис. I, въ точкѣ экватора, соотвѣтствующей 9 час. утра средняго солнечнаго времени. Предполагая Луну въ квадратурѣ, положеніе Солнца должно быть удалено отъ нея на 90° или 6 час. времени, на рисункѣ оно и помѣщено въ точкѣ 3 ч. утра. Такъ какъ и Луна и Солнце находятся въ это время въ суточномъ своемъ движеніи

въ разстояніи 90° одна отъ другого по экватору, то на графикѣ направо кривыя обоихъ приливовъ, лунаго и солнечнаго, начинаются на ординатѣ 3 ч. утра на линіи средняго уровня. Въ 6 ч. утра Луна придетъ въ зенитъ мѣста, и потому въ этотъ моментъ наступитъ полная вода лунаго прилива, что и показано на графикѣ. Въ тотъ же моментъ Солнце будетъ находиться въ точкѣ 6 ч. утра, т.-е. будетъ восходить, что соотвѣтствуетъ малой водѣ солнечнаго прилива, какъ это и видно на графикѣ.

Еще черезъ 3 ч. времени Солнце придетъ въ точку 9 ч. утра, а Луна—въ точку 3 ч. дня, оба свѣтила будутъ находиться между кульминаціей и восходомъ или заходомъ, въ этотъ моментъ направо на графикѣ кривыя ихъ приливовъ сойдутся на среднемъ уровнѣ, что и видно на рис. II. Въ 12 час. дня Солнце будетъ въ зенитѣ, и кривая его прилива на графикѣ показываетъ въ этотъ моментъ полную воду. Луна же будетъ тогда въ точкѣ захода, что соотвѣтствуетъ малой водѣ лунаго прилива, что и видно на графикѣ. Въ 3 ч. дня обѣ кривыя снова сойдутся на линіи средняго уровня.

Кривая составного квадратурнаго прилива (на черт. сплошная линія) будетъ лежать между кривыми обоихъ приливовъ (такъ какъ ординаты вычитаются), и амплитуда его будетъ наименьшею изъ всѣхъ въ теченіе полумѣсяца.

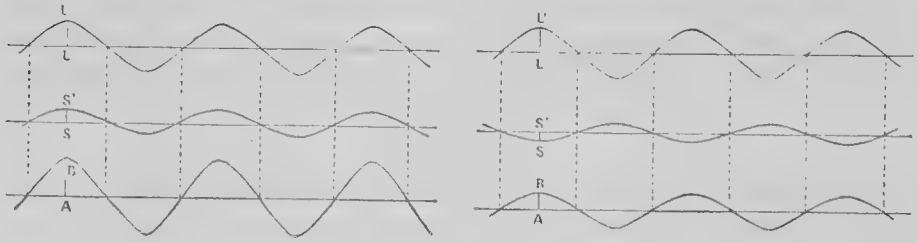
На рисункѣ III и IV изображены положенія свѣтилъ, промежуточныя между сизигіями и квадратурами; на рисункѣ III Луна находится между сизигіей и квадратурой (между новолуніемъ и первою четвертью), а на IV между квадратурою и сизигіей (между первою четвертью и полнолуніемъ). На обоихъ рисункахъ Луна взята въ тѣ же моменты ея суточнаго пути, между восходомъ и зенитомъ, что соотвѣтствуетъ 9 час. утра солнечнаго времени. Поэтому на обоихъ графикахъ, III и IV, кривыя лунаго прилива начинаются отъ средняго уровня, а кривыя солнечнаго прилива (пунктирная кривая) начинаются на рис. III, ниже на величину его полуамплитуды, потому что Солнце въ избранный моментъ 6 ч. утра находится на горизонтѣ, что соотвѣтствуетъ солнечной малой водѣ.

На рис. IV Солнце въ моментъ наблюденія въ нижнемъ прохожденіи, въ точкѣ 12 ч. ночи, что соотвѣтствуетъ солнечной полной водѣ. Сложеніе кривыхъ солнечной и лунной въ этихъ случаяхъ даетъ кривую наблюдаемаго составного колебанія уровня, при чемъ моменты

полныхъ водъ случаются или позже или раньше прохожденія Луны черезъ меридіанъ; моменты малыхъ водъ также или опаздываютъ или предупреждаютъ моменты прохожденія Луны черезъ меридіанъ.

Сравнивая на графикахъ I—IV амплитуды составного лунно-солнечнаго прилива, видно, что наибольшія бываютъ въ сизигіи, наименьшія—въ квадратуры, а въ остальное время мѣсяца онѣ убываютъ отъ сизигіи къ квадратурѣ и увеличиваются отъ квадратуры до сизигіи.

Такимъ образомъ полумѣсячное неравенство не только образуетъ неравенство амплитудъ, но и неравенство во временахъ наступленія полныхъ и малыхъ водъ, подобно тому, какъ и суточное неравенство отражалось и на амплитудахъ и на продолжительности промежутковъ между полными и малыми водами.



Фиг. 124. Объясненіе сложенія луннаго и солнечнаго приливовъ въ сизигіи и квадратуры.

Чтобы еще болѣе сдѣлать яснымъ сочетаніе луннаго и солнечнаго приливовъ, здѣсь приведены слѣдующіе два чертежа (фиг. 124), на которыхъ въ верхней строкѣ изображены кривыя луннаго прилива, во второй—солнечнаго, а въ третьей сложеніе ихъ обѣихъ другъ съ другомъ; налѣво, гдѣ моменты полныхъ и малыхъ водъ на обѣихъ кривыхъ совпадаютъ, сложеніе кривыхъ приводитъ къ кривой сизигійнаго прилива, а направо—къ кривой квадратурнаго прилива.

Сводъ всѣхъ разобранныхъ выше условій явленія прилива. — Выше, въ началѣ изложенія теоріи статическаго равновѣсія приливовъ, было сдѣлано основное предположеніе, что океанъ вездѣ слоемъ одинаковой глубины охватываетъ всю Землю. При *этомъ-то* предположеніи и были получены всѣ предшествующіе выводы, которые сводятся къ слѣдующимъ положеніямъ.

Въ теченіе **24 ч.**, подъ вліяніемъ Солнца, въ каждомъ мѣстѣ наблюдается два прилива и два отлива.

Въ теченіе **24 ч. 50 м.**, подъ вліяніемъ Луны, въ каждомъ мѣстѣ наблюдается тоже два прилива и два отлива.

Вслѣдствіе различія періодовъ приливовъ солнечнаго и луннаго на 25 мин., ежедневно происходитъ опаздываніе луннаго прилива по отношенію къ солнечному, что̀ даетъ разныя сочетанія обоихъ приливовъ, видоизмѣняя явленіе изо дня въ день.

Въ теченіе **мѣсяца** склоненіе Луны мѣняется въ среднемъ отъ 24° с. до 24° ю., и этимъ вносится въ явленіе прилива суточное неравенство, для каждой параллели особенное и постоянно видоизмѣняющееся.

Такое же суточное неравенство существуетъ и для солнечнаго прилива, періодъ котораго **годъ**, потому что склоненіе Солнца колеблется отъ 23°,5 с. до 23°,5 ю. въ теченіе **года**.

Суточное неравенство Солнца, складываясь съ таковымъ же для Луны, при быстромъ измѣненіи послѣдняго, весьма разнообразно видоизмѣняетъ характеръ явленія прилива.

Въ теченіе **мѣсяца** удаленіе Луны отъ Земли измѣняется отъ наибольшаго до наименьшаго, и вмѣстѣ съ тѣмъ въ значительной степени измѣняется и ея приливообразующая сила.

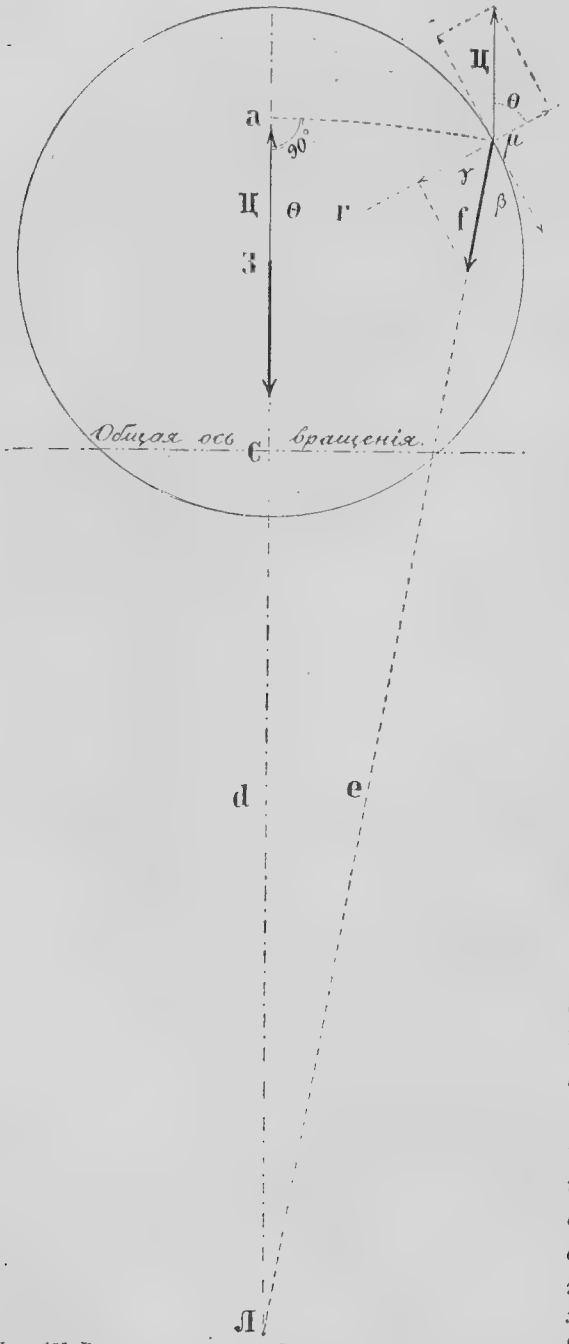
Въ теченіе **года** измѣняется также и разстояніе до Солнца, а слѣдовательно, и величина его приливообразующей силы.

Всѣ только-что перечисленныя явленія имѣютъ періодическій характеръ, при чемъ періоды ихъ не соизмѣримы, а потому разнообразіе ихъ сочетаній очень велико, почему въ томъ же мѣстѣ приливъ одного дня не похожъ ни на предшествовавшій, ни на послѣдующій.

Отсюда видно, насколько въ дѣйствительности сложно явленіе прилива, даже если его разсматривать при простѣйшихъ условіяхъ, предполагая океанъ, охватывающимъ Землю со всѣхъ сторонъ слоемъ воды одинаковой глубины.

Неравенства второстепеннаго значенія.—Склоненіе Луны находится въ зависимости отъ положенія лунной орбиты по отношенію къ экватору. Орбита Луны перемѣщается въ пространствѣ довольно быстро и такимъ образомъ, что линія узловъ ея передвигается ежегодно къ западу на 19°21′ (приблизительно), совершая полный оборотъ въ 18,6 лѣтъ. Вслѣдствіе такого перемѣщенія орбиты, предѣльныя склоненія Луны въ теченіе 18,6 лѣтъ измѣняются отъ 18°18′,5 до 28°36′,1.

Суточное неравенство прилива, какъ выше сказано, зависитъ исклю-



Фиг. 125. Выводъ горизонтальной и вертикальной составляющихъ приливообразующей силы.

чительно отъ величины склоненія; чѣмъ послѣднее больше, тѣмъ и суточное неравенство прилива достигаетъ большаго значенія. Слѣдовательно, измѣненіе величины склоненія на 10° оказываетъ большое вліяніе на величину неравенства, которое въ теченіе 18,6 лѣтъ переходитъ отъ наибольшей своей величины къ наименьшей. Отсюда получается новое неравенство прилива съ періодомъ въ 18,6 лѣтъ.

Эксцентриситетъ лунной орбиты мѣняется въ значительныхъ предѣлахъ въ теченіе 8,85 лѣтъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и разстояніе Луны отъ Земли, слѣдовательно, и ея приливообразующая сила. Эта причина даетъ начало новому неравенству съ періодомъ въ 8,85 лѣтъ.

Всѣ эти причины, и другія меньшаго значенія, называются неравенствами долгаго періода.

Выводъ горизонтальной и вертикальной составляющихъ приливообразующихъ силъ и нахожденіе величины амплитудъ луннаго и солнечнаго приливовъ.—Выше было доказано (стр. 294), что центробѣжныя силы, возникающія вслѣдствіе обращенія системы Земля —

Луна около общаго ихъ центра тяжести C (фиг. 125), одинаковы для всѣхъ точекъ Земли и равны притяженію центра Земли Луною.

Назовемъ черезъ: u — центробѣжную силу, μ— массу частицы Земли, m — массу Луны, d — разстояніе между центрами обоихъ свѣтилъ, черезъ c — разстояніе между частицею и центромъ Луны, черезъ f — силу тяготѣнія Луны на частицу массу μ.

На основаніи сказаннаго имѣемъ: центробѣжная сила = тяготѣнію центра Земли къ Лунѣ или

$$u = \frac{\mu m}{d^2} k; \qquad \text{а} \qquad f = \frac{\mu m}{c^2} k$$

Принявъ массу частицы μ за единицу, получаемъ

$$u = \frac{m}{d^2} k; \qquad f = \frac{m}{c^2} k$$

Каждую силу можно разложить на двѣ взаимноперпендикулярныя составляющія; выберемъ одно изъ составляющихъ направленій для силъ u и f по касательной въ точкѣ μ, тогда другое направится по радіусу.

Тѣ части силъ u и f, которыя будутъ проектироваться на касательную, образуютъ въ совокупности *горизонтальную составляющую* приливообразующей силы Луны.

Слѣдовательно:

$$\text{горизонтальная составляющая} = u \operatorname{Sin} \Theta - f \operatorname{Cos} \beta \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{I}$$

Для преобразованія этого выраженія въ болѣе удобную форму выразимъ $\operatorname{Cos} \beta$ въ зависимости отъ угла Θ при центрѣ Земли между радіусомъ r и линіей $Л\ З$.

Изъ треугольника $Л\ З\ \mu$ имѣемъ:

$$c^2 = d^2 + r^2 + 2\,dr \operatorname{Cos} \Theta$$

а съ другой стороны:

$$\operatorname{Cos} \beta = \operatorname{Sin} \gamma; \qquad \frac{\operatorname{Sin} \gamma}{\operatorname{Sin} (180^\circ - \Theta)} = \frac{d}{c}; \qquad \operatorname{Sin} \gamma = \frac{d \operatorname{Sin} \Theta}{c}.$$

Подставляя найденныя выраженія въ уравненія I, имѣемъ:

$$\text{гориз. составл.} = \frac{km \operatorname{Sin} \Theta}{d^2} - \frac{km}{(d^2 + r^2 + 2\,dr \operatorname{Cos} \Theta)} \times \frac{d \operatorname{Sin} \Theta}{\sqrt{d^2 + r^2 + 2\,dr \operatorname{Cos} \Theta}} \quad \ldots \quad \text{II}$$

Такъ какъ разстояніе отъ Земли до Луны 60 r, то безъ большой погрѣшности можно принять дугу $a\ \mu$ (фиг. 125) за прямую перпендикулярную къ линіи $Л\ З$, и тогда съ большою точностью получимъ болѣе простое выраженіе для разстоянія частицы Земли отъ центра Луны:

$$c = d + r \operatorname{Cos} \Theta.$$

Подставивъ это выраженіе въ уравненіе II, имѣемъ:

$$\text{гориз. составл.} = \frac{km \operatorname{Sin}\Theta}{d^2} - \frac{km \operatorname{Sin}\Theta\, d}{(d + r\operatorname{Cos}\Theta)^3} = km \operatorname{Sin}\Theta \left[\frac{1}{d^2} - \frac{d}{(d + r\operatorname{Cos}\Theta)^3}\right] =$$

$$= km \operatorname{Sin}\Theta \frac{d^3 + 3d^2 r\operatorname{Cos}\Theta + 3dr^2\operatorname{Cos}^2\Theta + r^3\operatorname{Cos}^3\Theta - d^3}{d^2(d + r\operatorname{Cos}\Theta)^3} =$$

$$= km \operatorname{Sin}\Theta \frac{3r\operatorname{Cos}\Theta + 3\frac{r^2}{d}\operatorname{Cos}^2\Theta + \frac{r^3}{d^2}\operatorname{Cos}^3\Theta}{(dr + \operatorname{Cos}\Theta)^3} =$$

$$= kmr \operatorname{Sin}\Theta \operatorname{Cos}\Theta \frac{3 + 3\frac{r}{d}\operatorname{Cos}\Theta + \frac{r^2}{d^2}\operatorname{Cos}^2\Theta}{d^3\left(1 + \frac{r}{d}\operatorname{Cos}\Theta\right)^3} =$$

$$= \frac{3kmr \operatorname{Sin}\Theta \operatorname{Cos}\Theta}{d^3} \times \frac{1 + \frac{r}{d}\operatorname{Cos}\Theta + \frac{1}{3}\left(\frac{r}{d}\right)^2 \operatorname{Cos}^2\Theta}{\left(1 + \frac{r}{d}\operatorname{Cos}\Theta\right)^3}.$$

Разбирая послѣднее выраженіе, можно видѣть, что произведеніе

$$\frac{r}{d}\operatorname{Cos}\Theta \text{ всегда} < 1 \text{ и даже} < \frac{1}{60{,}3}$$

а слѣдовательно эта дробь во второй степени и подавно есть величина очень небольшая, которая такъ мала сравнительно со слагаемымъ 1-ею во второмъ множителѣ въ числителѣ и знаменателѣ, что для перваго приближенія можно ими пренебречь, и тогда получится слѣдующее выраженіе для горизонтальной составляющей приливообразующей силы Луны:

$$\text{горизонтальная составляющая} = \frac{3kmr \operatorname{Sin}\Theta \operatorname{Cos}\Theta}{d^3}$$

$$\text{или} = \frac{3}{2} \cdot \frac{kmr \operatorname{Sin} 2\Theta}{d^3} \quad \ldots\ldots\ldots \text{A}$$

Тѣ же части центробѣжной силы — u и силы тяготѣнія къ Лунѣ — f, которыя проектируются на радіусъ и его продолженіе (фиг. 125), образуютъ, по ихъ сложеніи, *вертикальную составляющую* приливообразующей силы Луны.

Слѣдовательно:

$$\text{вертикальная составляющая} = u\operatorname{Cos}\Theta - f\operatorname{Cos}\gamma \quad \ldots\ldots\ldots \text{I}$$

Принявъ, какъ и для вывода горизонтальной составляющей, массу части μ за единицу, имѣемъ:

$$\text{вертикальная составляющая} = \frac{km\operatorname{Cos}\Theta}{d^2} - \frac{km\operatorname{Cos}\gamma}{c^2} \quad \ldots\ldots\ldots \text{II}$$

Замѣтивъ, что уголъ α между направленіями d и c есть

$$\alpha = \Theta - \gamma \qquad \text{получаемъ:}$$

$$\frac{\operatorname{Sin}\alpha}{\operatorname{Sin}\gamma}=\frac{r}{d}=\frac{\operatorname{Sin}(\Theta-\gamma)}{\operatorname{Sin}\gamma}=\frac{\operatorname{Sin}\Theta\operatorname{Cos}\gamma-\operatorname{Sin}\gamma\operatorname{Cos}\Theta}{\operatorname{Sin}\gamma}$$

$$r=d\operatorname{Sin}\Theta\operatorname{Cotg}\gamma-d\operatorname{Cos}\Theta;$$

$$\operatorname{Cogt}\gamma=\frac{r+d\operatorname{Cos}\Theta}{d\operatorname{Sin}\Theta}\quad\text{или}\quad\operatorname{tg}\gamma=\frac{d\operatorname{Sin}\Theta}{r+d\operatorname{Cos}\Theta}$$

Найдемъ выраженіе для Sin γ и Cos γ

$$\operatorname{Sin}\gamma=\frac{\operatorname{tg}\gamma}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\gamma}}=\frac{d\operatorname{Sin}\Theta}{(r+d\operatorname{Cos}\Theta)\sqrt{1+\dfrac{d^2\operatorname{Sin}^2\Theta}{(r+d\operatorname{Cos}\Theta)^2}}}=\frac{d\operatorname{Sin}\Theta}{\sqrt{(r+d\operatorname{Cos}\Theta)^2+d^2\operatorname{Sin}^2\Theta}}=$$

$$=\frac{d\operatorname{Sin}\Theta}{\sqrt{r^2+d^2+2rd\operatorname{Cos}\Theta}}=\frac{d\operatorname{Sin}\Theta}{e}$$ что̀ видно и прямо изъ треугольника.

$$\operatorname{Cos}\gamma=\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}}=\frac{r+d\operatorname{Cos}\Theta}{\sqrt{(r+d\operatorname{Cos}\Theta)^2+d^2\operatorname{Sin}^2\Theta}}=\frac{r+d\operatorname{Cos}\Theta}{\sqrt{r^2+d^2+2rd\operatorname{Cos}\Theta}}=\frac{r+d\operatorname{Cos}\Theta}{e}.$$

Подставляя эти величины въ уравненіе II-е, получаемъ:

$$\text{вертик. составл.}=\frac{km\operatorname{Cos}\Theta}{d^2}-\frac{km}{e^2}\times\frac{r+d\operatorname{Cos}\Theta}{e}=km\left[\frac{e^3\operatorname{Cos}\Theta-d^2(r+d\operatorname{Cos}\Theta)}{d^2e^3}\right]\ldots\text{III}$$

Дѣлая такое же допущеніе, какъ и въ выводѣ горизонтальной составляющей, предположимъ, что дуга $a\mu$ есть прямая, перпендикулярная къ линіи $\Lambda 3$, что̀ весьма близко къ истинѣ потому что уголъ α не болѣе 1°. Слѣдовательно, несмотря на сдѣланное допущеніе, будемъ имѣть все-таки еще съ большою точностью:

$$e=d+r\operatorname{Cos}\Theta.$$

Подставляя это выраженіе въ уравненіе III, получаемъ:

$$\text{вертикальная составляющая}=km\left[\frac{(d+r\operatorname{Cos}\Theta)^3\operatorname{Cos}\Theta-d^2(r+d\operatorname{Cos}\Theta)}{d^2(d+r\operatorname{Cos}\Theta)^3}\right]=$$

$$=kmr\frac{3\operatorname{Cos}^2\Theta+3\dfrac{r}{d}\operatorname{Cos}^3\Theta+\left(\dfrac{r}{d}\right)^2\operatorname{Cos}^4\Theta-1}{d^3\left(1+\dfrac{r}{d}\operatorname{Cos}\Theta\right)^3}.$$

Разбирая это выраженіе, видимъ, что дробь

$$\frac{r}{d}<\frac{1}{60{,}3},\quad\text{а слѣдовательно}$$

и подавно $\dfrac{r}{d}\operatorname{Cos}\Theta<\dfrac{1}{60{,}3}$, откуда вытекаетъ, что

$$\frac{1}{3}\left(\frac{r}{d}\right)^2<\frac{1}{60{,}3^2\times3},\quad\text{а слѣдовательно}$$

и подавно $\dfrac{1}{3}\left(\dfrac{r}{d}\right)^2\operatorname{Cos}^2\Theta<\dfrac{1}{10908{,}27}$;

а потому можно пренебречь этими величинами, и тогда получимъ еще съ большою точностью слѣдующее:

$$\text{вертикальная составляющая} = \frac{kmr}{d^3} \times \frac{3\,\mathrm{Cos}^2\,\Theta - 1}{1} \text{ или}$$

$$\text{вертикальная составляющая} = \frac{3\,kmr}{d^3}\left(\mathrm{Cos}^2\,\Theta - \frac{1}{3}\right). \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Б}$$

Приливообразующая сила Луны, разложенная на горизонтальную и вертикальную составляющія, выражается слѣдующимъ образомъ:

$$\text{горизонтальная составляющая} = \frac{3\,kmr\,\mathrm{Sin}\,\Theta\,\mathrm{Cos}\,\Theta}{d^3} = \frac{3}{2} \cdot \frac{kmr\,\mathrm{Sin}\,2\,\Theta}{d^3}$$

$$\text{вертикальная составляющая} = \frac{3\,kmr}{d^3}\left(\mathrm{Cos}^2\,\Theta - \frac{1}{3}\right).$$

Пользуясь этими выраженіями, можно опредѣлить размѣры амплитудъ приливовъ для Луны и для Солнца въ предположеніи, что океанъ покрываетъ весь земной шаръ. Ниже эти величины и выведены, здѣсь же приводятся только результаты этихъ выводовъ.

Оказывается, что:

Амплитуда лунаго прилива = 0,55 метра *)
Амплитуда солнечнаго прилива = 0,25 «

Отношеніе полученныхъ амплитудъ между собою даетъ ту же величину, что и отношеніе приливообразующихъ силъ Луны и Солнца, выведенное выше (стр. 300).

Слѣдовательно, въ сизигіи, когда лунный приливъ совпадаетъ съ солнечнымъ приливомъ и лунный отливъ съ солнечнымъ отливомъ, то сизигійная амплитуда будетъ слагаться изъ суммы амплитудъ лунаго и солнечнаго приливовъ:

амплитуда лунаго прилива	=	0, 55 м.
» солнечнаго »	=	0, 25 м.
сизигійная амплитуда	=	0, 80 м.

Въ квадратуры же, когда лунный приливъ совпадаетъ съ солнечнымъ отливомъ, а лунный отливъ—съ солнечнымъ приливомъ, квадратурная амплитуда будетъ образоваться изъ разности амплитудъ обоихъ приливовъ.

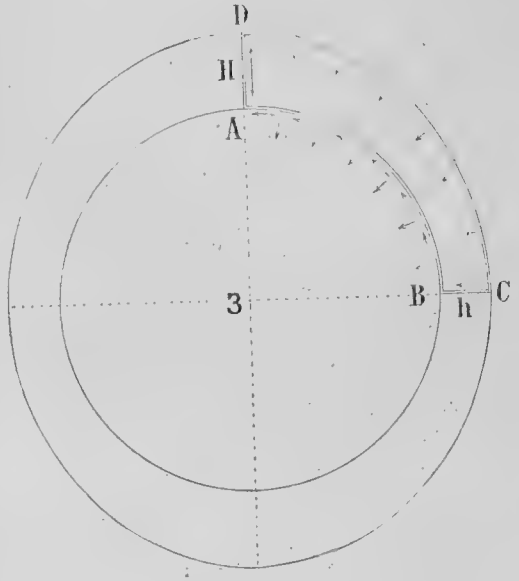
*) 0,55 м. = 26, д.; а 0,25 м. = 9,8 д.

амплитуда лунаго прилива = 0, 55 м.
» солнечнаго » = 0, 25 м.

квадратурная амплитуда = 0, 30 м.

Основываясь на выведенныхъ выше выраженіяхъ для горизонтальной и вертикальной составляющихъ и законѣ Паскаля, что давленіе, оказываемое въ какой-либо точкѣ жидкости, передается ея частицами во всѣ стороны безъ малѣйшей потери, можно вывести съ достаточною точностью величины амплитудъ для лунаго и для солнечнаго приливовъ.

Предположимъ, что на чертежѣ (фиг. 126) изображено сѣченіе Земли по экватору, при чемъ Міровой океанъ, окружающій со всѣхъ сторонъ твердое ядро Земли, подъ вліяніемъ приливообразующей силы Луны принялъ форму эллипсоида вращенія, и, согласно статической теоріи приливовъ, во всей его массѣ частицы находятся въ состояніи равновѣсія. Если вообразить, что въ водахъ океана выдѣленъ нѣкоторый безконечно тонкій замкнутый каналъ, то въ каждой точкѣ его частицы жидкости будутъ находиться въ равновѣсіи и слѣдовательно—въ покоѣ.



Фиг. 126. Воображаемый непрерывный каналъ въ океанѣ по дну и по поверхности.

Изберемъ въ океанѣ нашъ каналъ такимъ образомъ, чтобы одна часть его AB (фиг. 126) шла по дну океана вдоль четверти земной окружности, другая DC — параллельно въ поверхностномъ слоѣ океана, эти оба канала соединились бы двумя вертикальными каналами, изъ нихъ одинъ AD по радіусу, идущему къ центру Луны, а другой BC по радіусу, перпендикулярному къ первому. Въ точкахъ A и D и точкахъ B и C, какъ выше было доказано, горизонтальныя составляющія приливообразующей силы равны нулю.

Теперь сдѣлаемъ изслѣдованіе, подъ вліяніемъ какихъ силъ находятся частицы жидкости въ разныхъ частяхъ нашего канала по отдѣльности.

Такъ какъ поверхностный слой находится въ равновѣсіи, то всѣ частицы, его образующія, будутъ въ покоѣ, для чего необходимо, чтобы въ каждой точкѣ слоя существовала только сила, направленная нормально къ поверхности слоя.

Въ вертикальной части канала DA каждая частица жидкости находится подъ вліяніемъ двухъ силъ: силы тяжести и приливообразующей силы Луны, направленной здѣсь прямо противоположно силѣ тяжести отъ центра Земли и потому уменьшающей вѣсъ каждой частицы.

Въ каналѣ BC приливообразующая сила направлена къ центру Земли (см. стр. 297),

и хотя она тутъ почти въ два раза меньше приливообразующей силы въ AD, но все-таки она нѣсколько увеличиваетъ вѣсъ частицъ въ каналѣ BC.

Въ круговой придонной части канала AB каждая частица находится подъ вліяніемъ двухъ силъ: горизонтальной составляющей приливообразующей силы Луны, направленной вдоль канала отъ B къ A, какъ показываютъ стрѣлки на чертежѣ; и другой силы, направленной нормально къ поверхности канала и къ центру Земли. Эта сила образована разностью между притяженіемъ Земли и вертикальною составляющею приливообразующей силы Луны (направленной отъ центра Земли). Эта сила, направленная нормально къ поверхности канала, какъ показано стрѣлками на чертежѣ, будетъ только увеличивать силу тяжести въ каждой точкѣ отрѣзка AB кругового канала.

Для того, чтобы учесть равновѣсіе во всемъ каналѣ ABCD, слѣдуетъ взять сумму всѣхъ горизонтальныхъ составляющихъ приливообразующей силы Луны вдоль отрѣзка канала *AB*, потому что по закону Паскаля давленіе передается отъ частицы къ частицѣ и сложить съ кажущимся вѣсомъ жидкости въ отрѣзкѣ канала *BC*. Полученная сумма выразитъ давленіе въ каналѣ, которое должно быть уравновѣшено кажущимся вѣсомъ жидкости въ отрѣзкѣ канала *AD*, потому что вдоль отрѣзка канала *DC* никакая сила не дѣйствуетъ *).

Назовемъ частицу воды массы равной единицѣ черезъ μ; каждая частица въ вертикальномъ отрѣзкѣ канала *AD* притягивается Землею, и это притяженіе есть не что иное, какъ вѣсъ p частицы μ;

очевидно: $$p = \frac{kM\mu}{r^2}$$

гдѣ M есть масса Земли.

Теперь найдемъ величину дѣйствія приливообразующей силы Луны на частицы жидкости массы $\mu=1$ для разныхъ частей канала.

Для вертикальныхъ отрѣзковъ канала *AD* и *BC* горизонтальная составляющая приливообразующей силы равна нулю, и для нихъ остается найти только вертикальную составляющую той же силы.

Для отрѣзка канала *A D* имѣемъ:

$$\text{вертик. составл.} = \frac{kmr}{d^3} \times (3\,\mathrm{Cos}^2\,\Theta - 1) \qquad \text{(стр. 326)}$$

въ данномъ случаѣ уголъ Θ= нулю, слѣдовательно, имѣемъ:

$$\text{вертик. составл.} = \frac{2\,kmr}{d^3}$$

она направлена отъ центра Земли. Для отрѣзка канала *B C* уголъ $\Theta=90^0$

$$\text{вертик. составл.} = \frac{kmr}{d^3}$$

т.-е. для канала *BC* она вдвое меньше и направлена къ центру Земли.

Для кругового отрѣзка канала *A B* надо найти только горизонтальныя составляющія приливообразующей силы Луны

$$\text{гориз. составл.} = \frac{3\,kmr\,\mathrm{Sin}\,\Theta\,\mathrm{Cos}\,\Theta}{d^3} = \frac{3}{2}\,km\,\frac{r}{d^3}\,\mathrm{Sin}\,2\,\Theta \qquad \text{(стр. 326)}$$

*) Горизонт. составл. приливообразующей силы тутъ полностью израсходована на поддержаніе эллипсондальной формы поверхности жидкости, иначе жидкость не находилась бы въ равновѣсіи, и поверхность ея не была бы въ покоѣ.

Пусть площадь поперечнаго сѣченія нашего безконечно тонкаго канала будетъ ω; тогда объемъ безконечно малой части канала будетъ $\omega \Delta s$, а масса этого объема будетъ $\omega \Delta s \delta$, гдѣ δ есть плотность жидкости. Для такого элементарнаго объема справедливо предположеніе, что на всѣ его частицы всѣ силы дѣйствуютъ одинаково.

Слѣдовательно, для него будетъ:

$$\text{гориз. составл.} = \omega \Delta s \delta \frac{3}{2} km \frac{r}{d^3} \operatorname{Sin} 2\Theta.$$

Для того, чтобы получить совокупность дѣйствія всѣхъ этихъ силъ по всему отрѣзку AB, надо суммировать всѣ эти силы, а именно:

$$\int_{\Theta=0^0}^{\Theta=90^0} \omega \delta \Delta s \frac{3}{2} km \frac{r}{d^3} \operatorname{Sin} 2\Theta = \frac{3}{2} km \omega \delta \frac{r}{d^3} \int_{0^0}^{90^0} \operatorname{Sin} 2\Theta \, ds. \quad \ldots \quad \text{I}$$

но, такъ какъ $ds = r\,d\Theta$, то

$$\int_{0^0}^{90^0} \operatorname{Sin} 2\Theta \, ds = \int_{0^0}^{90^0} \operatorname{Sin} 2\Theta \, r d\Theta = \frac{r}{2} \int_{0^0}^{90^0} \operatorname{Sin} 2\Theta \, d2\Theta = -\frac{r}{2} \Big[\operatorname{Cos} 2\Theta\Big]_{0^0}^{90^0} =$$

$$-\frac{r}{2}\Big[\operatorname{Cos} 2 \cdot 90^0 - \operatorname{Cos} 0^0\Big] = -\frac{r}{2}\Big[-1-1\Big] = -\frac{r}{2} \quad -2 = r$$

Подставляя найденную величину въ выраженіе I, имѣемъ:
сумма горизонтальныхъ составляющихъ вдоль отрѣзка канала AB

$$\text{равна } \frac{3}{2} km \omega \delta \frac{r^2}{d^3} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \text{A}$$

Для опредѣленія кажущагося вѣса столба жидкости $AD = H$ надо найти разность между вѣсомъ p части μ и вертикальною составляющею приливообразующей силы.

$$p = \frac{\mu k M}{r^2}; \quad \text{верт. сост.} = \frac{2 k m r}{d^3}$$

Принимая массу частицы μ за единицу, имѣемъ:

$$p - \text{верт. сост.} = \frac{kM}{r^2} - \frac{2kmr}{d^3}$$

Полученную величину остается умножить на число частицъ μ въ отрѣзкѣ канала $AD = H$, тогда получимъ вѣсъ жидкости въ каналѣ H. Масса же жидкости въ каналѣ H опредѣлится по выраженію $H \omega \delta$. Слѣдовательно, вѣсъ жидкостя въ отрѣзкѣ канала H будетъ:

$$H \omega \delta \left[\frac{kM}{r^2} - \frac{2kmr}{d^3}\right] \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \text{B}$$

Для нахожденія кажущагося вѣса столба жидкости въ отрѣзкѣ канала $BC = h$ поступаемъ такъ же, только здѣсь надо взять не разность, а сумму вѣса частицы и вертикальной составляющей.

$$p + \text{вертик. сост.} = \frac{kM}{r^2} + \frac{kmr}{d^3}$$

для частицы μ массы равной единицѣ.

Слѣдовательно, вѣсъ всей жидкости въ отрѣзкѣ h будетъ

$$h\omega\delta\left[\frac{kM}{r^2}+\frac{2kmr}{d^3}\right] \quad \text{C}$$

Чтобы получить искомую сумму давленій въ каналѣ $DABC$, остается составить уравненіе, которому должны удовлетворять всѣ силы, дѣйствующія въ отрѣзкѣ канала отъ A до C, для того, чтобы въ немъ жидкость находилась въ равновѣсіи.

$$H k\omega\delta\left(\frac{M}{r^2}-\frac{2mr}{d^3}\right)=\frac{3}{2}km\omega\delta\frac{r^2}{d^3}+hk\omega\delta\left(\frac{M}{r^2}+\frac{mr}{d^3}\right)$$

$$H\frac{M}{r^2}-\frac{2mr}{d^3}H=\frac{3}{2}\frac{mr^2}{d^3}+h\frac{M}{r^2}+h\frac{mr}{d^3}$$

$$(H-h)\frac{M}{r^2}-\frac{mr}{r^3}(2H+h)=\frac{3}{2}m\frac{r^2}{d^3}$$

$$H-h=\frac{m}{M}\frac{r^3}{d^3}(2H+h)+\frac{3mr^3}{2Md^3}$$

$$H-h=\frac{m}{M}\frac{r^3}{d^3}\left[(2H+h)+\frac{3}{2}r\right] \quad \text{D}$$

Здѣсь $H-h$ есть искомая амплитуда прилива для Луны.

Разсматривая выраженія D, видимъ, что:

$$\frac{m}{M}<\frac{1}{81} \quad \text{и} \quad \frac{r}{d}<\frac{1}{60}$$

а такъ какъ первая часть послѣдняго неравенства входитъ въ выраженіе D въ третьей степени, то слѣдовательно имѣемъ:

$$\frac{r^3}{d^3}<\frac{1}{216\,000}.$$

Перемножая эти два неравенства, получаемъ:

$$\frac{m}{M}\frac{r^3}{d^3}<\frac{1}{81}\times\frac{1}{216\,000}$$

$$\frac{m}{M}\frac{r^3}{d^3}<\frac{1}{17\,860\,000}.$$

Слѣдовательно, если даже предположить, что величина $2H+h=30\,000$ метровъ, т.-е. утроенной наибольшей глубинѣ океана, то и тогда будетъ имѣть:

$$(2H+h)\frac{m}{M}\frac{r^3}{d^3}<\frac{30\,000}{17\,860\,000}=0{,}0017 \text{ метра.}$$

Значитъ, эта величина въ выраженіи D меньше 2 миллим., и потому ею можно пренебречь, особенно по сравненію со вторымъ слагаемымъ, стоящимъ въ скобкахъ, гдѣ r есть радіусъ Земли, а именно:

$$\frac{3}{2}r=\frac{3}{2}\times 6\,370\,000 \text{ метровъ.}$$

Потому, отбрасывая въ выраженіи D слагаемое

$$\frac{m}{M}\,\frac{r^3}{d^3}\,(2H+h),$$

имѣемъ:

$$H-h=\frac{3}{2}\,\frac{m}{M}\,\frac{r^3}{d^3}\,r=\frac{3}{2}\times\frac{r}{17\,869\,000}=\frac{3}{2}\times\frac{6\,370\,000}{17\,870\,000}=\frac{318{,}5}{596}=0{,}55\text{ метра.}$$

$$H-h=0{,}55\text{ метра}$$

т.-е. амплитуда лунная прилива есть 0,55 м.

Для того, чтобы вывести величину амплитуды солнечнаго прилива, поступаютъ такъ же; но, такъ какъ разстояніе до Солнца гораздо больше, нежели до Луны, и масса Солнца больше, то вышеприведенныя неравенства, позволившія отбросить нѣкоторыя части въ выраженіи D амплитуды $(H-h)$, въ этомъ случаѣ будутъ еще болѣе справедливы.

Потому можно написать для Солнца слѣдующее (*):

$$\begin{aligned}H-h&=\frac{3}{2}\,\frac{S}{M}\left(\frac{r}{D}\right)^3 r\\&=\frac{3}{2}\,333\,400\left(\frac{r}{23\,484\,r}\right)^3 r\\&=\frac{3}{2}\,333\,400\left(\frac{1}{23\,484}\right)^3 r\\&=\frac{3}{2}\,\frac{6\,370\,000\times 25{,}5}{109}=0{,}25\text{ метра.}\end{aligned}$$

т.-е. амплитуда солнечнаго прилива есть 0, 25 метра.

Условія, при которыхъ приливъ происходитъ на Землѣ, отличіе ихъ отъ теоретическихъ, и вытекающія отсюда усложненія явленія. — Какъ только отъ принимавшихся выше идеальныхъ условій перейти къ существующимъ на Землѣ, такъ сейчасъ ко всѣмъ разобраннымъ выше и уже достаточно сложнымъ естественнымъ особенностямъ прилива присоединяется рядъ другихъ обстоятельствъ, вносящихъ еще новыя осложненія въ явленіе прилива.

Сдѣланный выше разборъ теоретическихъ условій явленія и тѣхъ особенностей, какія вносятъ въ него разныя сочетанія приливообразующихъ силъ Солнца и Луны, показываетъ, что, несмотря на всѣ видоизмѣненія, претерпѣваемыя явленіемъ прилива, оно главнымъ образомъ должно проявляться въ широкой полосѣ океана, простирающейся по обѣ стороны отъ экватора до 40°—45° с. и ю.ш. Между тѣмъ именно въ этомъ-то поясѣ на Землѣ протягиваются по меридіану материки: обѣихъ Аме-

*) Здѣсь S и M суть массы Солнца и Земли.

рикъ, Европы и Африки, Азіи и Австраліи, становясь поперекъ естественнаго распространенія прилива, съ востока на западъ.

Затѣмъ Міровой океанъ, хотя и занимаетъ 71% земной поверхности, но охватываетъ Землю непрерывнымъ кольцомъ по параллели только между м. Горнъ и Антарктическими землями, т.-е. въ широтахъ 56°—66° ю.

Изученіе рельефа дна океана показываетъ, что онъ отличается довольно разнообразными глубинами, мѣстами еще усѣянными цѣлыми архипелагами острововъ.

Такимъ образомъ первое важное предположеніе, положенное въ основу теоріи равновѣсія приливовъ,—сплошной океанъ вездѣ одинаковой глубины,—совершенно расходится съ природою земного шара, что, конечно, вноситъ глубокія измѣненія въ характеръ явленія приливовъ, сравнительно съ тѣмъ, что должно было быть по теоріи.

Далѣе, въ теоріи равновѣсія совершенно не принимается во вниманіе законъ инерціи, потому что эта теорія допускаетъ, что вся масса водъ океана во всякій моментъ занимаетъ положеніе равновѣсія по отношенію къ дѣйствующимъ на нее приливообразующимъ силамъ. Между тѣмъ эти послѣднія, какъ только-что было указано, непрерывно видоизмѣняются, и, слѣдовательно, вслѣдствіе инерціи, частицы водной массы океана непремѣнно отстаютъ въ своихъ перемѣщеніяхъ отъ тѣхъ положеній, какія они должны были бы занимать согласно теоріи *).

Наблюдать явленіе прилива посреди открытаго океана до сихъ поръ было невозможно. Наблюденія на островахъ только до нѣкоторой степени могутъ замѣнить собою наблюденія посреди океана.

Почти всѣ имѣющіяся наблюденія приливовъ произведены у береговъ материковъ, и только очень небольшое количество данныхъ имѣется для приливовъ на океаническихъ островахъ. Такимъ образомъ весь матеріалъ, на основаніи коего можно судить о явленіи прилива на земномъ шарѣ, собранъ почти исключительно у береговъ материковъ, т.-е. на внутренней окраинѣ материковой отмели, куда приливъ доходитъ изъ океана черезъ малыя глубины и нерѣдко сквозь нѣсколько проливовъ и узкостей, отъ чего происходитъ еще рядъ интерференцій; все это вноситъ большія усложненія, въ каждомъ мѣстѣ иныя, нежели въ другомъ.

*) Отсюда проистекаетъ новое усложненіе явленія, водныя частицы подвергаются нѣкоторому новому дѣйствію на нихъ приливообразующихъ силъ, потому что эти частицы, вслѣдствіе отставанія, уже не будутъ симметрично расположены относительно линіи зенитъ—надиръ, вдоль которой дѣйствуетъ приливообразующая сила.

Такимъ образомъ существованіе материковъ, неправильное распредѣленіе суши и воды, неправильный рельефъ дна океана и существованіе инерціи матеріи вносятъ глубокія видоизмѣненія въ столь простыя теоретическія предположенія: океанъ, охватывающій Землю со всѣхъ сторонъ слоемъ одинаковой глубины, отзывающіяся измѣненіемъ характера прилива не только у береговъ, но и въ открытомъ океанѣ. Въ прибрежной же полосѣ океана, гдѣ появляется еще рядъ мѣстныхъ обстоятельствъ, приливъ можетъ значительно отличаться отъ теоретическихъ предположеній. Ко всѣмъ перечисленнымъ условіямъ, отклоняющимъ приливъ отъ его теоретическаго хода, надо еще присоединить метеорологическія причины, нарушающія тоже правильность явленія, главнымъ образомъ вѣтры и колебанія давленія атмосферы (въ среднемъ измѣненіе давленія на одинъ миллиметръ соотвѣтствуетъ измѣненію положенія уровня на 13 мм.).

Статическая теорія равновѣсія прилива и динамическая теорія прилива.—Статическая теорія равновѣсія, открытая Ньютономъ, дѣйствительно впервые показала, что настоящая причина приливовъ есть всемірное тяготѣніе. Эта теорія удовлетворительно объясняетъ главнѣйшія особенности явленія; она показываетъ, что подъ вліяніемъ приливообразующихъ силъ свѣтилъ въ сутки должно случаться два прилива и два отлива; что амплитуды ихъ должны измѣняться вездѣ, кромѣ экватора и полюса, всякій разъ, какъ приливообразующія свѣтила не находятся на экваторѣ; что амплитуды должны измѣняться въ зависимости отъ разстояній до приливообразующихъ свѣтилъ; что взаимное расположеніе свѣтилъ въ пространствѣ оказываетъ большое вліяніе на амплитуды приливовъ, образуя наибольшія сизигійныя амплитуды и наименьшія—квадратурныя.

Вмѣстѣ съ тѣмъ эта теорія не можетъ объяснить очень многихъ особенностей явленія. Такъ, напримѣръ, согласно теоріи равновѣсія, наибольшая величина амплитуды прилива не должна превосходить 0,8 м., а она во многихъ мѣстахъ по берегамъ доходитъ до 10 м. и болѣе. По теоріи въ сизигіи моменты полныхъ водъ должны совпадать съ моментами совмѣстнаго прохожденія Солнца и Луны черезъ меридіанъ мѣста, а на самомъ дѣлѣ за рѣдкими исключеніями въ сизигіи полная вода вездѣ случается позднѣе на нѣсколько часовъ (прикладной часъ).

По теоріи самая высокая полная вода должна была бы случаться въ дни сизигій, тогда какъ въ большей части мѣстъ она опаздываетъ и

бываетъ на сутки, полторы сутокъ и до одиннадцати сутокъ позже сизигій или до семи сутокъ раньше ихъ (возрастъ прилива).

Суточное неравенство по теоріи должно выражаться во всѣхъ мѣстахъ той же параллели одинаковою величиною, а на самомъ дѣлѣ этого нѣтъ. Напримѣръ, въ портахъ Западной Европы оно почти незамѣтно, а въ тѣхъ же широтахъ въ Тихомъ океанѣ оно велико. Есть мѣстности на экваторѣ, гдѣ суточное неравенство очень велико, тогда какъ по теоріи на экваторѣ оно всегда должно быть равно нулю (см. стр. 313 внизу).

Ньютонъ самъ находилъ необходимымъ принимать во вниманіе инерцію воды, но, въ виду трудности введенія этого условія, онъ не далъ ясныхъ указаній, какъ это сдѣлать.

Всѣ эти и другія меньшія несообразности происходятъ оттого, что теорія равновѣсія разбираетъ явленіе при условіяхъ, которыя не соотвѣтствуютъ дѣйствительности, какъ это только-что указано въ предшествующей статьѣ. Объясненіе главныхъ сторонъ явленія ею впервые намѣчены, и въ этомъ ея большая заслуга, но подробности не могутъ быть ею охвачены и объяснены.

Затрудненія, встрѣтившіяся на пути статической теоріи прилива, заставили перейти къ созданію динамической теоріи, творцомъ которой былъ Лаплассъ. Сущность ея состоитъ въ слѣдующемъ.

Причины, производящія приливъ, въ каждомъ мѣстѣ земной поверхности (см. стр. 303) достигаютъ наибольшей величины, когда приливообразующія свѣтила находятся въ зенитѣ мѣста, и наименьшей, когда они на горизонтѣ. Слѣдовательно, приливообразующія силы имѣютъ *періодическій характеръ* и возбуждаютъ и постоянно поддерживаютъ въ океанѣ колебательное движеніе волнообразнаго характера такого же періода, какъ и сами силы; это колебаніе частицъ и распространяется по океану въ видѣ волнъ съ главнымъ періодомъ въ 12 ч. 25 м. (потому что приливообразующая сила Луны въ 2,2 раза больше солнечной).

Теорія, предложенная Лапласомъ, разсматриваетъ явленіе приливовъ, какъ волнообразное движеніе частицъ воды съ періодами, соотвѣтствующими періодамъ приливообразующихъ силъ. Согласно этому предположенію, частицы воды находятся непрерывно въ движеніи, описывая нѣкоторыя орбиты, результатомъ чего является рядъ волнъ огромной длины и большого періода, одна за другою пересѣкающихъ океанъ на разстояніяхъ, соотвѣтствующихъ періодамъ волнъ. Такимъ образомъ теорія Лап-

ласа разбираетъ явленіе прилива, какъ родъ движенія, почему эта теорія и называется динамическою въ отличіе отъ теоріи Ньютона, называемой статическою, такъ какъ тамъ всѣ частицы предполагаются находящимися въ каждый моментъ въ положеніи равновѣсія.

Однако и динамическая теорія приливовъ могла быть обработана только при предположеніи, что Земля окружена океаномъ со всѣхъ сторонъ, при чемъ глубины его измѣняются въ зависимости отъ широты. Кромѣ того, динамическая теорія, такъ же, какъ и статическая, не принимаетъ во вниманіе внутренняго трепія жидкости и трепія ея о дно океана.

Всѣ послѣдующія со времени Лапласа работы послужили только для выясненія не разработанныхъ сторонъ динамической теоріи, для ея дополненія и развитія; среди этихъ работъ наиболѣе выдѣляются труды Георга Дарвина.

Такимъ образомъ, вслѣдствіе громадной сложности явленія прилива въ океанѣ, оно пока не могло быть представлено въ цѣломъ никакою теоріей; труды Ньютона и Лапласа и до сихъ поръ являются единственными попытками создать стройную и полную теорію приливовъ.

Итакъ, динамическая теорія приливовъ разсматриваетъ это явленіе, какъ родъ волнообразнаго движенія; какимъ же образомъ подобное движеніе водныхъ частицъ можетъ создать явленіе прилива? Для полученія представленія объ этомъ можно использовать слѣдующее предположеніе наиболѣе простого возможнаго случая.

Пусть вокругъ Земли по экватору существуетъ каналъ глубиною въ 5 километровъ, по которому съ востока на западъ пробѣгаетъ волна, возбужденная какою-либо причиною, затѣмъ прекратившеюся; такая волна можетъ быть приравнена волнѣ океанской зыби или волнѣ, возбужденной толчкомъ землетрясенія. Пусть причина, ее произведшая, прекратилась, тогда волна продолжаетъ распространяться въ видѣ такъ называемой «свободной волны», скорость которой зависитъ только отъ глубины бассейна (см. стр. 264). При глубинѣ канала въ 5 кил. свободная волна соотвѣтственно можетъ имѣть скорость только въ 796 кил. въ часъ; если же каналъ будетъ глубже, то и скорость волны увеличится, и при глубинѣ канала около 22 кил. скорость волны будетъ около 1.679 кил. въ часъ; слѣдовательно, волна при такой скорости обойдетъ вокругъ Земли (окружность экватора 40.070 кил.) въ 24 часа. При уменьшеніи же глубины канала время, въ которое «свободная волна» обойдетъ экваторъ, будетъ болѣе 24 ч.

Если теперь обратиться къ явленію солнечнаго прилива, то, какъ ранѣе было показано, Солнце стремится образовать эллипсоидъ прилива, выпуклости коего направлены одна къ нему, а другая въ противоположную сторону по линіи, соединяющей центры Солнца и Земли. Каждая изъ этихъ двухъ выпуклостей есть вершина двухъ волнъ солнечнаго прилива, отстоящихъ другъ отъ друга на половину окружности Земли.

Такая приливная волна, возбужденная Солнцемъ, въ случаѣ, если бы послѣднее перестало на нее дѣйствовать и при глубинѣ экваторіальнаго канала около 22 к., продолжала бы обходить Землю въ 24 ч. Если же глубину канала предположить всего въ 5 кил., то ско-

рость свободной волны въ немъ будетъ меньше, а именно 796 кил. въ часъ. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ такая волна, имѣющая двѣ послѣдовательныя вершины удаленными другъ отъ друга на половину окружности экватора (т.-е. длина ея=20.000 м.), успѣетъ въ 25 часовъ обойти только полъ-окружности экватора.

Между тѣмъ возбужденная Солнцемъ приливная волна при суточномъ вращеніи Земли должна быть все время обращена одною изъ своихъ вершинъ къ Солнцу, и потому она, очевидно, обходитъ весь экваторъ въ 24 часа. Такимъ образомъ при глубинѣ канала въ 5 кил. періодъ (промеж. врем., нужный волнѣ для прохожденія ея длины) свободной волны будетъ 25 час., а періодъ возбужденной волны солнечнаго прилива долженъ быть только 12 ч., потому что ея періодъ зависитъ только отъ видимаго суточнаго движенія Солнца.

Если бы экваторіальный каналъ имѣлъ 22 кил. или болѣе глубины, то приливная возбужденная Солнцемъ волна могла бы свободно слѣдовать за нимъ при суточномъ вращеніи Земли, такъ какъ при 22 кил. глубины скорость свободной волны сама по себѣ достаточна для обхода экватора въ 24 ч., а если бы каналъ былъ глубже, то и подавно связанная съ Солнцемъ его приливная волна свободно слѣдовала бы за нимъ вокругъ Земли.

Если же экваторіальный каналъ имѣетъ глубину менѣе 22 кил., то и скорость свободной волны въ немъ будетъ менѣе необходимой для обхода Земли въ 24 ч.

Періодъ приливообразующей силы Солнца есть 12 ч., и слѣдовательно возбуждаемая имъ приливная волна должна имѣть такой же періодъ; между тѣмъ дѣйствительная существующая въ земномъ океанѣ по экватору глубина канала (много менѣе 22 кил.) этого не допускаетъ, и если даже предположить, что каналъ имѣетъ глубину около 5 кил. (глубину, близкую къ той, какая существуетъ въ природѣ въ океанахъ вдоль экватора), то все-таки замедленіе скорости волны отъ недостаточной глубины канала будетъ настолько велико, что въ томъ мѣстѣ Земли, гдѣ въ данный моментъ съ Солнце будетъ въ зенитѣ, вмѣсто *полной воды* окажется *малая вода*; а по обѣ стороны даннаго мѣста, въ 90° по экватору, будетъ — *полная вода*, т.-е. совершенно обратно тому, что должно было бы быть согласно статической теоріи прилива. Такое противорѣчіе произошло главнымъ образомъ вслѣдствіе недостаточной глубины канала, несоразмѣрной возбужденному солнцемъ періоду приливной волны. Если бы каналъ имѣлъ около 22 кил. глубины, то волна солнечнаго прилива свободно бы слѣдовала за Солнцемъ.

Нигдѣ въ Міровомъ океанѣ нѣтъ глубины въ 22 кил. (папб. около 10 кил.), и потому слѣдовательно вездѣ полная вода должна запаздывать относительно прохожденія черезъ меридіанъ приливообразующаго свѣтила.

Все только-что изложенное относилось къ солнечному приливу, но оно одинаково приложимо и къ лунному. Единственная разница будетъ только въ томъ, что періодъ прилива, возбуждаемаго Луною—12 ч. 25 м. вмѣсто 12 ч., т.-е. больше солнечнаго, почему и предѣльная глубина экваторіальнаго канала, при которой свободная волна съ періодомъ въ 12 ч. 25 м. будетъ обходить экваторъ въ 24 ч. 50 м., должна быть меньше 22 кил., а именно около 20,7 кил.

До сихъ поръ предполагалось, что весь Міровой океанъ заключенъ въ одинъ экваторіальный каналъ, сдѣлаемъ теперь допущеніе, что существуетъ рядъ каналовъ вдоль параллелей, а Луна и Солнце пусть двигаются по экватору.

Каналъ въ широтѣ 60° будетъ имѣть въ два раза меньшую длину, нежели экваторіальный, т.-е. около 20.000 кил. Пусть въ такомъ каналѣ образуется волна длиною въ 10.000 кил., тогда въ каналѣ будетъ получаться ровно двѣ волны, при чемъ вершины ихъ будутъ лежать въ 180° другъ отъ друга. Если каналы по экватору и по параллели 60° одинаковой глубины, то свободная волна въ общихъ каналахъ имѣетъ одинаковую скорость распространенія, и слѣдовательно она обойдетъ Землю по каналу на параллели 60° въ два

раза скорѣе. Если же въ обоихъ каналахъ возбуждено двѣ свободныхъ волны длиною въ 180°, то очевидно періодъ свободной волны для канала 60° долженъ быть въ два раза меньше, нежели для экваторіальнаго канала.

Приливная волна же, возбужденная и поддерживаемая Солнцемъ, независимо отъ глубинъ каналовъ и отъ широты, имѣетъ вездѣ періодъ въ 12 ч. Если предположить глубину въ обоихъ каналахъ равною 12,7 кил., то для экваторіальнаго канала періодъ свободной волны выйдетъ больше 12 ч., а для канала въ 60° широты онъ будетъ меньше 12 ч. Слѣдовательно, несвободная солнечная приливная волна, долженствующая имѣть для всѣхъ широтъ одинаковый періодъ въ 12 ч., будетъ въ экваторіальномъ каналѣ замедлена недостаточностью глубины (12,7 кил. вмѣсто 22,13 кил.), и тамъ полная вода будетъ запаздывать; тогда какъ въ каналѣ на 60° широты та же самая приливная волна будетъ свободно успѣвать за Солнцемъ, и полная вода почти запаздывать не будетъ (при той же глубинѣ свободная волна должна итти здѣсь съ тою же скоростью, а разстояніе въ два раза меньше). Получается выводъ, что, если бы вдоль каждой параллели были каналы, то въ экваторіальной области приливы были бы обращенные (т.-е. при Солнцѣ въ зенитѣ была бы малая вода), а въ умѣренныхъ и полярныхъ широтахъ они были бы прямые (т.-е. при Солнцѣ въ зенитѣ была бы полная вода).

Въ дѣйствительности въ океанѣ нѣтъ стѣнокъ между воображаемыми каналами по параллелямъ, и потому, когда подъ вліяніемъ приливообразующей силы свѣтила вода въ океанѣ перемѣщается и стремится образовать въ зенитѣ и надирѣ приливные выступы, то частицы ея стремятся къ этой точкѣ Земли не только вдоль параллели, но и по всякимъ направленіямъ (см. чертежъ 118, горизонт. составл. прилива, стр. 307). При этихъ перемѣщеніяхъ частицъ на нихъ оказываетъ вліяніе еще вращеніе Земли (см. главу о теченіяхъ), и въ результатѣ общая картина явленія становится очень сложною. Согласно динамической теоріи оказывается, что должна быть такая критическая широта, на которой нѣтъ ни поднятія ни опусканія уровня, и гдѣ явленіе прилива выражается только перемѣщеніемъ частицъ воды.

Луна и Солнце кромѣ того не остаются все время на экваторѣ, а удаляются отъ него довольно значительно. Въ зависимости отъ этого статическая теорія показываетъ необходимость существованія суточнаго неравенства, что̀ подтверждается и динамической теоріей при условіи неравномѣрнаго распредѣленія глубинъ въ разныхъ широтахъ. Если же океанъ имѣлъ бы вездѣ одинаковую глубину, то изъ динамической теоріи слѣдуетъ, что въ такомъ случаѣ суточное неравенство на всемъ земномъ шарѣ было бы равно нулю.

Всѣ перечисленные выше выводы изъ динамической теоріи были сдѣланы самимъ создателемъ ея—Лапласомъ, и такъ какъ въ тѣ времена (начало XIX ст.) въ наукѣ не было никакихъ данныхъ о глубинахъ океана, а явленіе прилива только начинали изучать и, естественно, прежде всего у береговъ Европы, гдѣ суточное неравенство очень мало, то выводъ динамической теоріи объ отсутствіи этого суточнаго неравенства при условіи существованія равномѣрной глубины океана, что̀ тогда и предполагали, сочли за полное и вѣрное объясненіе дѣйствительнаго отсутствія этого неравенства у береговъ Европы, подтверждающее теорію.

Изученіе явленія приливовъ въ теченіе послѣдующаго времени показало, что суточное неравенство, напротивъ, встрѣчается въ явленіи прилива въ очень большомъ числѣ мѣстъ, и что приливы въ сѣверномъ Атлантическомъ океанѣ отличаются необыкновенною правильностью; случайность, значительно облегчившая первыя попытки изслѣдованія явленія съ теоретической стороны.

Всѣ указанныя выше расхожденія въ выводахъ динамической теоріи съ дѣйствительностью проистекаютъ оттого, что она разсматриваетъ приливъ, какъ родъ колебательнаго движенія частицъ, выражающагося въ рядѣ волнъ громадной длины и періода, распространяющихся по океану, но не принимаетъ во вниманіе ни внутренняго треніе жидкости,

ни тренія ея о дно, ни вліянія неровностей дна, ни существованія материковъ, ни другихъ подобныхъ обстоятельствъ. Безъ сомнѣнія, взглядъ на приливъ, какъ на родъ волнообразнаго движенія, правильнѣе, нежели предположеніе о существованіи статическаго равновѣсія частицъ въ каждый моментъ дѣйствія приливообразующихъ силъ, изъ момента въ моментъ мѣняющихъ свою величину и направленіе, но этого еще далеко недостаточно для составленія полной теоріи прилива.

Обѣ теоріи, какъ выше уже было указано, не даютъ удовлетворительнаго объясненія истиннаго хода явленія въ природѣ. Отсюда вовсе не слѣдуетъ, что обѣ теоріи совершенно невѣрны и излишни; напротивъ, статическая теорія первая дала общее объясненіе приливовъ и опредѣлила главныя характерныя черты явленія, остающіяся и до сихъ поръ вѣрными. Динамическая теорія указала слѣдующую ступень приближенія къ истинѣ и дала нѣкоторыя поясненія наблюдаемымъ особенностямъ явленія, которыя не могли быть поняты при помощи теоріи равновѣсія (какъ, напримѣръ, возрастъ прилива, лунный промежутокъ, приливныя теченія и др.). Обѣ теоріи приливовъ дали необходимыя основанія для предсказанія явленія на долгіе сроки впередъ, что было бы совершенно невозможно, если бы онѣ не заключали въ себѣ ничего правильнаго.

Прикладной часъ и его значеніе для предсказанія прилива; возрастъ прилива.—Время наступленія полной воды почти нигдѣ не совпадаетъ съ моментомъ прохожденія Луны черезъ меридіанъ мѣста; треніе, вязкость, инерція и интерференція должны были сказаться въ видѣ подобнаго замедленія наступленія полной воды сравнительно съ моментомъ прохожденія Луны.

Промежутокъ времени между этими двумя явленіями называется луннымъ промежуткомъ [high water interval (HWI) или lunitidal interval]. Лунный промежутокъ изо дня въ день измѣняется въ зависимости отъ перемѣны астрономическихъ положеній приливообразующихъ свѣтилъ; кромѣ того, для разныхъ портовъ даже и въ тотъ же моментъ лунные промежутки различны, потому что мѣстныя условія этихъ портовъ не одинаковы.

Слѣдовательно, при одинаковомъ положеніи свѣтилъ для того же порта величины лунныхъ промежутковъ будутъ повторяться.

Лунный промежутокъ при условіи нахожденія въ сизигію Солнца и Луны на экваторѣ и въ среднемъ удаленіи отъ Земли—называется прикладнымъ часомъ порта [high water full and change (сокращенно H. W. F & C) или vulgar establishment; établissement du port; Hafenzeit].

Очевидно, прикладной часъ для каждаго порта есть величина постоянная, что слѣдуетъ изъ вышесказаннаго, и оттуда же видно, что прикладной часъ не можетъ быть найденъ аналитически, а получается только изъ наблюденій, такъ какъ для каждаго порта онъ зависитъ отъ

мѣстныхъ причинъ, не могущихъ быть принятыми во вниманіе теоретически, и, даже если бы это было возможно, все равно нельзя было бы найти такой моментъ, когда оба свѣтила—Солнце и Луна—въ сизигію были бы на экваторѣ и притомъ въ своихъ среднихъ удаленіяхъ. Практически эта задача рѣшается проще, а именно: опредѣляютъ возможно большее число разъ величину луннаго промежутка въ сизигіи; среднее изъ этихъ опредѣленій и дастъ прикладной часъ, тѣмъ болѣе точный, чѣмъ больше было сдѣлано опредѣленій.

Прикладной часъ есть слѣдствіе запаздыванія прилива въ зависимости отъ перечисленныхъ выше причинъ, но вліяніе послѣднихъ сказывается еще иначе на запаздываніи приливовъ, а именно по теоріи наибольшій приливъ (т.-е. наиб. амплитуда) долженъ случаться въ дни сизигій, тогда какъ оказывается въ большей части мѣстъ и послѣ сизигій амплитуда продолжаетъ увеличиваться и достигаетъ наибольшей величины въ среднемъ черезъ двое сутокъ послѣ сизигій.

Промежутокъ времени между сизигіей и наибольшимъ ближайшимъ къ ней приливомъ называется возрастомъ прилива (age of the tide; âge de la marée; Alter der Springtiden).

Оба явленія — прикладной часъ и возрастъ прилива, согласно статической теоріи приливовъ, не должны были бы существовать, а между тѣмъ есть много мѣстъ, гдѣ и тотъ и другой достигаютъ значительныхъ величинъ.

Возрастъ прилива для большей части мѣстъ около 2 сутокъ, но есть порта, гдѣ онъ доходитъ до 3, 4, 5 сутокъ и даже 11 (Монтевидео); вмѣстѣ съ тѣмъ есть порта, гдѣ возрастъ прилива отрицательный, т.-е. наибольшій приливъ случается раньше сизигіи на нѣсколько сутокъ и даже до 6—7 сутокъ (Колонъ въ Карибск. м.—на 7 сут., зал. Уналька въ Алеут. о-вахъ—на 6,6 сут., Веллингтонъ въ Нов. Зеландіи—на 7 сут.).

Прикладной часъ для разныхъ портовъ измѣняется отъ 0 ч. до 12 ч. Величины его даются въ *Nautical Almanac,* въ особыхъ таблицахъ приливовъ, въ Лоціяхъ и на морскихъ картахъ.

Назначеніе прикладного часа—находить приближенное время полной воды. Изъ опредѣленія, что̀ такое прикладной часъ, видно, что его можно всегда обратить въ лунный промежутокъ для каждаго момента, для котораго извѣстны положенія Солнца и Луны; послѣднія даются въ *Nautical Almanac* и другихъ астрономическихъ ежегодникахъ. Для того, чтобы не вычислять каждый разъ поправку прикладного часа, зависящую отъ положеній этихъ свѣтилъ, можно пользоваться таблицею 61-ю *Море-*

ходныхъ таблицъ *), гдѣ такія поправки уже вычислены при условіи, что возрастъ прилива имѣетъ среднюю величину 39 ч. (39,4 ч.). Слѣдовательно, для большей части мѣстъ эти таблицы даютъ достаточно точно для практики мореплаванія величины поправокъ прикладного часа.

Поправка зависитъ отъ положенія Луны относительно Солнца (фазы Луны—полумѣсячное неравенство) и удаленія Луны отъ Земли (параллактическое неравенство), потому входами въ таблицу служатъ: время прохожденія Луны черезъ меридіанъ мѣста и полудіаметръ Луны, опредѣляющіе указанныя два условія. Въ дѣйствительности слѣдовало бы прінскивать время прохожденія Луны черезъ меридіанъ мѣста и полудіаметръ ея на моментъ за 39 ч. до даннаго дня (потому что въ основаніе таблицы положенъ возрастъ прилива 39 ч.), но въ виду незначительности проистекающей отсюда ошибки достаточно находить эти элементы и на данный день. Величины поправокъ прикладного часа измѣняются довольно значительно отъ + 35 м. до — 1 ч. 19 м., и слѣдовательно пренебрегать ими нельзя.

Приводимый примѣръ пользованія *таблицею 61-ю* поясняетъ сказанное выше. Положимъ, надо отыскать время вечерней полной воды для Екатерининской гавани (городъ Александровскъ на Мурманѣ) для 3/16 іюля 1915 г., лежащей въ восточной долготѣ отъ Гринича 33°28′ или во времени 2 ч. 13 м. 52 с., кругло 2,2 ч.; прикладной часъ этого порта 6 ч. 56 м.

Находятъ изъ *Nautical Almanac* время верхняго прохожденія Луны черезъ меридіанъ для Гринича и поправку на долготу Екатерининской гавани и полудіаметръ Луны.

3/16 іюля средн. время верхн. прохожд. Луны въ Гринчѣ .	3 ч.	18 м.
Поправка на долготу	—	3 м.
3/16 іюля средн. время верхн. прохожд. Луны въ Екат. гав. .	3 ч.	15 м.
Прикладной часъ Екатерининской гав.	6 ч.	56 м.
Изъ таблицы 61-й поправка прикл. часа	— 0 ч.	53 м.
Лунный промежутокъ	6 ч.	3 м.
3/16 іюля средн. время верхн. прохожд. Луны въ Екат. гав. .	3 ч.	15 м.
Лунный промежутокъ	6 ч.	3 м.
3/16 іюля среднее время вечерней полной воды	9 ч.	18 м.

Тотъ же самый моментъ, отысканный при помощи *Ежегодника приливовъ Сѣвернаго Ледовитаго океана и Бѣлаго моря* на 1915 г. дастъ этотъ моментъ 9 ч. 39 м., т.-е. точнѣе на 21 м.

*) Помѣщена въ концѣ книги.

Отыскать время утренней полной воды для Екатерининской гавани 15/28 окт. 1915 г.
Поступая такъ же, находятъ:

Прикладной часть порта	6 ч.	56 м.
Поправка изъ таблицы 61-й	— 0 ч.	59 м.
Лунный промежутокъ	5 ч.	57 м.
14/27 октября средн. время верхн. прох. Луны въ Гринвичъ	15 ч.	40 м.
Поправка на долготу	—	5 м.
14/27 октября средн. время верхн. прох. Луны въ Екат. гав.	15 ч.	35 м.
Лунный промежутокъ	5 ч.	57 м.
14/27 октября средн. время по астрон. счету время утренней полной воды въ Екат. гав.	21 ч.	32 м.
Или по гражданскому счету 15/28 октября	9 ч.	32 м. утра.

Если пользоваться *Ежегодникомъ приливовъ*, то получится 9 ч. 42 м. утра, т.-е. точнѣе на 10 м.

Отсюда видно, что въ тѣхъ портахъ, гдѣ приливъ имѣетъ, согласно теоріи, ясно выраженный полусуточный правильный характеръ (какъ въ Екатер. гав.), тамъ прикладной часъ позволяетъ находить время полныхъ и малыхъ водъ съ достаточнымъ приближеніемъ *) для практики мореплаванія. Въ портахъ же, гдѣ приливъ отступаетъ отъ такого правильнаго вида и гдѣ возрастъ прилива сильно отличается отъ принятаго при составленіи таблицы 47-й (возрастъ прилива = 39,4 ч.), моменты полныхъ и малыхъ водъ получаются по прикладному часу неточно.

Въ сущности, прикладной часъ не можетъ быть больше 6 ч., потому что, если полная вода опаздываетъ, напримѣръ, на 8 ч., то предшествующая была всего 4 ч. тому назадъ; а между тѣмъ есть много мѣстъ (болѣе 600), гдѣ прикладной часъ больше 6 ч. и нерѣдко 10, 11 и даже 12 часовъ.

Вообще вездѣ, гдѣ суточное неравенство велико, тамъ прикладной часъ теряетъ свое значеніе, и пользованіе имъ для практическихъ цѣлей предвидѣнія приливовъ не можетъ давать хорошихъ результатовъ.

Предсказаніе приливовъ помощью гармоническаго анализа.—По мѣрѣ накопленія наблюденій надъ приливами въ разныхъ мѣстахъ океана все болѣе и болѣе убѣждались, что приливъ во многихъ мѣстахъ совершенно удаляется отъ правильнаго полусуточнаго колебанія, и въ этихъ случаяхъ возникали большія затрудненія для предсказанія времени и высотъ полныхъ и малыхъ водъ.

*) Особенно полныхъ водъ, потому что малыя воды этимъ способомъ опредѣляются, придавая къ моментамъ найденныхъ полныхъ водъ четверть лунныхъ сутокъ, и потому, въ случаѣ неравномѣрности въ повышеніи и пониженіи уровня по обѣ стороны полной воды, опредѣленіе такимъ способомъ моментовъ малыхъ водъ будетъ менѣе точно, нежели полныхъ.

Если бы существовала полная теорія явленія, то дѣло предсказанія приливовъ на какой угодно срокъ было бы вполнѣ возможно; но такой теоріи не существуетъ, и задача настолько трудна, что врядъ ли можно даже и ожидать появленія такой теоріи, а между тѣмъ практика мореплаванія требовала отвѣта на этотъ вопросъ тѣмъ настоятельнѣе, чѣмъ больше развивалось мореплаваніе.

Первая попытка удовлетворить этой потребности была сдѣлана Лапласомъ, и затѣмъ она была развита лордомъ Кельвиномъ; сущность ея заключается въ слѣдующемъ.

Предположимъ сперва, что существуетъ только одно приливообразующее свѣтило—Луна, и что она всегда находится на экваторѣ.

Тогда, согласно теоріи равновѣсія при условіи, что океанъ покрываетъ всю Землю слоемъ одинаковой толщины, на земномъ шарѣ будутъ наблюдаться повсемѣстно изо дня въ день въ моменты прохожденія Луны черезъ меридіанъ одинаковые приливы, повторяющіеся черезъ 12 ч. 25 м., при чемъ амплитуда прилива опредѣлится разъ навсегда. Если же принять во вниманіе существующее распредѣленіе суши и воды и разнообразіе глубинъ океана, то, даже и при предположеніи существованія одной только Луны, приливъ сдѣлается столь сложнымъ, что невозможно будетъ предсказать теоретически ни время полной воды, ни амплитуду прилива.

Это затрудненіе можно обойти такимъ образомъ. Предположимъ, что Луна находится всегда на экваторѣ, и орбита ея есть окружность, тогда ея приливообразующая сила изо дня въ день остается безъ перемѣны, и всѣ мѣстныя условія (глубина, очертанія береговъ) и подавно остаются всегда также постоянными. Поэтому въ каждомъ мѣстѣ разъ наблюденный моментъ полной воды укажетъ, черезъ сколько времени она наступаетъ послѣ прохожденія Луны черезъ меридіанъ, и разъ наблюденная амплитуда тамъ же дастъ навсегда размѣръ колебанія уровня, при чемъ обѣ эти величины—лунный промежутокъ и амплитуда будутъ изо дня въ день повторяться (если пренебречь вліяніями вѣтра и давленія атмосферы). Для каждаго порта при такихъ условіяхъ будутъ получаться свои разъ навсегда установленныя величины луннаго промежутка и амплитуды, въ зависимости отъ мѣстныхъ условій; они называются *постоянными величинами прилива* для даннаго порта.

Если теперь сдѣлать такое же предположеніе и для Солнца, то вся разница будетъ только въ періодѣ прилива, который будетъ равенъ

12 ч. Для солнечнаго прилива въ каждомъ мѣстѣ получится тоже двѣ постоянныя прилива, вполнѣ достаточныя для предсказанія этого явленія, потому что онѣ съ теченіемъ времени измѣняться уже не будутъ.

Въ природѣ Луна и Солнце существуютъ и производятъ свои приливы одновременно, потому четыре постоянныя величины прилива (двѣ лунныя и двѣ солнечныя) были бы вполнѣ достаточны для предсказанія лунно-солнечнаго прилива при условіи нахожденія обоихъ свѣтилъ на экваторѣ и въ постоянномъ удаленіи отъ Земли.

Въ дѣйствительности же Солнце и Луна непрерывно измѣняютъ свои склоненія и разстоянія до Земли, и потому вышеуказанныхъ четырехъ данныхъ для предсказанія приливовъ будетъ недостаточно. Чтобы обойти эти затрудненія, поступаютъ такъ. Какъ только-что было показано, одна Луна и одно Солнце, всегда двигающіяся по экватору, не могутъ удовлетворить сложному явленію прилива; тогда раздѣляютъ приливообразующую силу каждаго изъ обоихъ свѣтилъ на нѣсколько слагаемыхъ, при условіи, чтобы сумма ихъ составляла бы дѣйствительную величину приливообразующихъ силъ Луны и Солнца.

Предположимъ, что вмѣсто одной Луны вокругъ Земли обращается много лунъ разныхъ массъ, и выберемъ эти луны такъ, чтобы одна изъ воображаемыхъ лунъ имѣла массу, близкую къ настоящей Лунѣ, но обращалась бы всегда по экватору. Другая воображаемая луна предполагается обращающейся всегда по параллели 45°, нѣкоторыя вспомогательныя луны воображаются отстающими отъ суточнаго вращенія Земли, третьи—предполагаются находящимися постоянно неподвижно на одномъ мѣстѣ въ небесномъ пространствѣ и т. д. Массы, орбиты и движенія всѣхъ этихъ воображаемыхъ свѣтилъ такъ подбираются, чтобы сумма ихъ приливообразующихъ силъ была всегда равна таковой же дѣйствительной Луны, двигающейся по своей настоящей орбитѣ, и при этомъ всѣ воображаемыя Луны двигаются съ разными скоростями на своихъ орбитахъ.

Съ перваго взгляда подобная совокупность предположеній кажется только затрудняющею задачу, а на дѣлѣ она упрощаетъ ее, потому что, по заданію, каждый изъ воображаемыхъ спутниковъ Земли предполагается двигающимся *равномѣрно* и по орбитѣ *параллельной* экватору, слѣдовательно, каждый возбуждаетъ въ океанѣ приливъ очень простого характера, одинаково повторяющійся изо дня въ день, такъ, какъ это объяснено выше въ случаѣ предположенія о существованіи одной Луны, но двигающейся всегда по экватору. Отсюда слѣдуетъ, что, если хотя бы

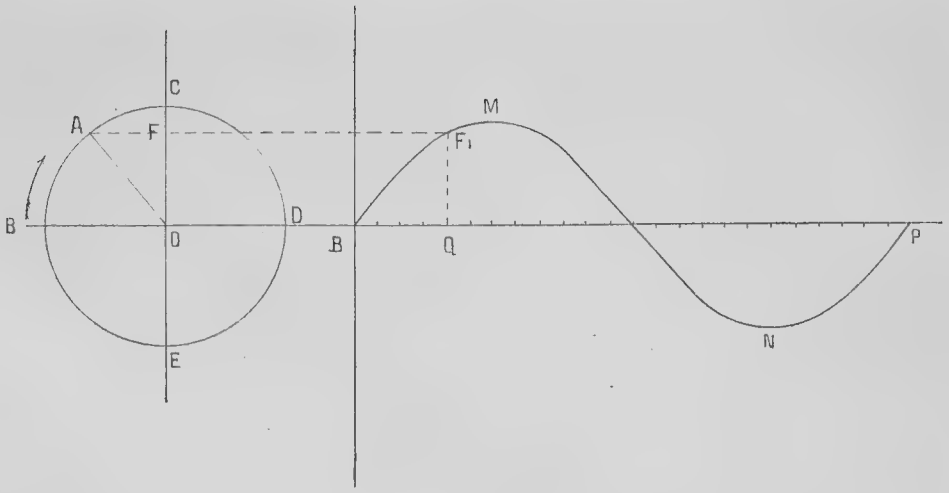
за одинъ только день для какого-либо мѣста были бы опредѣлены «постоянныя прилива» (промежутокъ времени отъ верхняго прохожденія и амплитуды) для одного изъ воображаемыхъ спутниковъ, то этого было бы навсегда достаточно для предсказанія возбуждаемаго имъ прилива въ томъ же мѣстѣ. Если бы было возможно такимъ же путемъ по очереди опредѣлить постоянныя прилива для каждаго изъ воображаемыхъ спутниковъ, то получился бы полный матеріалъ для предсказанія лунаго прилива для избраннаго мѣста на всѣ времена впередъ.

Такой же точно пріемъ можетъ быть примѣненъ и къ Солнцу, которое можно предположить раздѣленнымъ на рядъ воображаемыхъ солнцъ, двигающихся: одно по экватору, другія—по параллелямъ и производящихъ каждое свои частичные приливы, въ совокупности образующіе настоящій солнечный приливъ.

Въ результатѣ ряда такихъ предположеній для каждаго порта получилось бы около 20—30 паръ «постоянныхъ прилива», соотвѣтствующихъ 20—30 воображаемымъ лунамъ и солнцамъ, что̀ и дало бы достаточный матеріалъ для полнаго предсказанія прилива на сколько угодно времени впередъ. Конечно, теоретически разсуждая, для возможности полнаго предсказанія приливовъ попадобилось бы не 20—30 воображаемыхъ свѣтилъ, а безконечно большое число ихъ, но многія изъ нихъ были бы очень малы по своей массѣ, и потому возбуждаемые ими приливы тоже были бы настолько незначительны, что ими для практики можно пренебречь и удовольствоваться 20—30.

Такой пріемъ предсказанія прилива объясняетъ идею способа, называемаго гармоническимъ анализомъ прилива, онъ впервые былъ указанъ Лапласомъ, а разработанъ лордомъ Кельвиномъ, и въ настоящее время повсемѣстно примѣняется.

Подъ именемъ простого гармоническаго движенія понимается слѣдующее: по окружности нѣкотораго радіуса двигается равномѣрно точка A (фиг. 127), направленіе движенія показываетъ стрѣлка, время полнаго оборота точки A или періодъ движенія есть — τ. Въ то время, когда точка A обходитъ окружность, проекція ея F на діаметръ CE будетъ совершать колебательное движеніе по діаметру CE вверхъ и внизъ, такое колебательное движеніе и называется простымъ гармоническимъ движеніемъ. Оно выражается уравненіемъ, которое можетъ быть представлено графически слѣдующею кривою. По прямой BP отъ точки B откладываются въ произвольномъ масштабѣ величины, пропорціональныя временамъ, необходимымъ для достиженія точкою A своихъ послѣдовательныхъ положеній на окружности. Длина BP выражаетъ время τ, а какая-нибудь линіи BQ—промежутокъ времени, потребовавшійся, чтобы точка A прошла разстояніе отъ B до A. Если изъ каждой точки линіи BP возставить ординаты, равныя соотвѣтствующимъ отрѣзкамъ радіуса



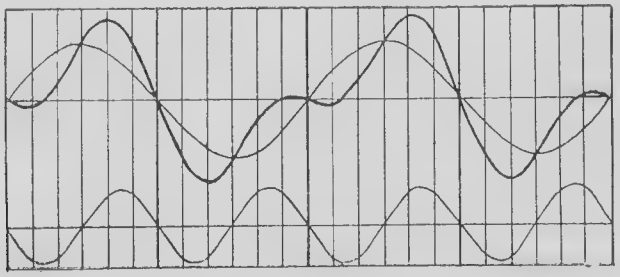
Фиг. 127. Построеніе синуссоиды.

OC или OE, и соединить концы ординатъ согласною кривою, то послѣдняя и будетъ выражать графически колебаніе проекціи точки A по діаметру круга въ тотъ періодъ времени, когда точка A обойдетъ окружность и съ тою же амплитудою CE.

Полученная кривая BMNP называется *синуссоидою*; на чертежѣ изображена одна волна, соотвѣтствующая одному періоду движенія, если же точка A продолжаетъ двигаться по окружности, то отъ точки P синуссоида можетъ быть повторена направо столько разъ, сколько оборотовъ совершитъ точка A.

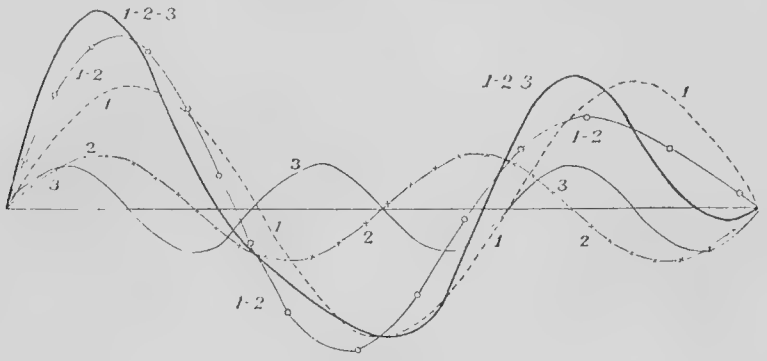
Слѣдовательно, всякое періодическое явленіе можно представить соотвѣтственною синуссоидою, имѣющею тотъ же періодъ и ту же амплитуду, что̀ и наблюдаемое явленіе; напримѣръ, періодическое колебаніе уровня въ зависимости отъ приливообразующей силы Луны, когда она двигается по экватору, или колебаніе уровня въ зависимости отъ вліянія одного изъ упоминавшихся выше воображаемыхъ спутниковъ Земли.

Сочетаніе нѣсколькихъ простыхъ гармоническихъ движеній будетъ давать въ большинствѣ случаевъ сложное и неправильное колебаніе, которое можетъ быть получено сложеніемъ синуссоидъ, изображающихъ каждое изъ слагаемыхъ простыхъ гармоническихъ движеній. На чертежѣ (фиг. 128) изображены двѣ синуссоиды, одна съ періодомъ въ два



Фиг. 128. Сложеніе двухъ синуссоидъ.

раза бо́льшимъ, чѣмъ другая; болѣе толстыя ординаты отдѣляютъ на верхней кривой полуперіоды, а на нижней—полные періоды. Амплитуды обѣихъ синуссоидъ тоже разныя. Складывая алгебраически ординаты обѣихъ синуссоидъ, получаемъ новую кривую (на черт. болѣе толстая линія вверху), представляющую графически сумму двухъ простыхъ періодическихъ колебательныхъ движеній, дающихъ въ совокупности болѣе сложное движеніе.



Фиг. 129. Сложеніе двухъ и трехъ синуссоидъ.

На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 129) такимъ же образомъ сложены сперва 1 и 2 синуссоиды, имѣющія разные періоды и амплитуды, и получена составная кривая 1—2, не имѣющая вовсе характера синуссоиды. Складывая всѣ три синуссоиды: 1, 2 и 3 получаемъ кривую 1—2—3 еще болѣе сложную.

Въ этихъ примѣрахъ начало слагавшихся синуссоидъ было взято въ той же самой точкѣ на оси абсциссъ, но возможно складывать синуссоиды, начальныя точки которыхъ приходятся въ разныхъ мѣстахъ той же самой ординаты, или, какъ говорятъ,—синуссоиды, фазы коихъ не совпадаютъ.

Сложеніе синуссоидъ можетъ производиться не только графически, какъ было показано, но и аналитически.

Такимъ путемъ, очевидно, возможно постепеннымъ сложеніемъ нѣсколькихъ простыхъ синуссоидъ получить всякую сложную и неправильную кривую, и, обратно, всякая сложная кривая можетъ быть разложена на рядъ синуссоидъ разныхъ періодовъ, амплитудъ и фазъ такого рода сочетаній, что въ совокупности онѣ дадутъ данную сложную кривую.

Всякую сложную и неправильную кривую, изображающую колебаніе уровня въ какомъ-либо мѣстѣ въ зависимости отъ приливообразующихъ силъ Луны и Солнца и вліянія мѣстныхъ условій, можно разложить на рядъ правильныхъ періодическихъ кривыхъ—синуссоидъ, изображающихъ каждая одну простую волну, возбуждаемую только однимъ изъ воображаемыхъ свѣтилъ, упомянувшихся выше. Каждое изъ этихъ свѣтилъ, какъ выше сказано, описываетъ или экваторъ или параллель, и потому періодическое движеніе, имъ возбуждаемое, всегда остается того же періода, который опредѣляется вычисленіемъ съ желаемою точностью,

такъ какъ онъ вытекаетъ изъ движеній дѣйствительныхъ Луны или Солнца, вполнѣ извѣстныхъ до тысячныхъ долей секунды. Такъ же точно опредѣляются и моменты прохожденій черезъ меридіанъ каждаго изъ воображаемыхъ спутниковъ. Промежутокъ же времени между прохожденіемъ черезъ меридіанъ даннаго воображаемаго спутника и моментомъ полной воды возбужденнаго имъ простого прилива, а также амплитуда послѣдняго могутъ быть получены только изъ наблюденій, потому что запаздываніе полной воды и амплитуда зависятъ только отъ мѣстныхъ условій, для каждаго порта различныхъ.

Выше было указано, что при сложныхъ приливахъ приходится прибѣгать для ихъ разложенія на простыя волны къ увеличенію числа воображаемыхъ приливообразующихъ свѣтилъ иногда до 20 — 30. Въ такихъ случаяхъ необходимо имѣть наблюденія за долгое время, чтобы изъ нихъ можно было вывести всѣ необходимыя простыя колебанія, а также, чтобы метеорологическія вліянія (вѣтры, колебанія давленія) сами собою исключились бы, какъ случайныя причины.

Если же наблюдаемый приливъ приближается къ правильному полусуточному колебанію, то можно ограничиться меньшимъ числомъ простыхъ волнъ (т.-е. синуссондъ); то же самое, если точность предсказаній можетъ быть меньше. Въ этихъ случаяхъ достаточно 8 волнъ, а въ другихъ случаяхъ приходится увеличивать ихъ число до 20—25 и даже 28.

Всѣ эти составныя, простыя волны, образуемыя воображаемыми свѣтилами, дѣлятся на три рода: — полусуточнаго періода около 12 ч., суточнаго—около 24 ч. и разныхъ, болѣе продолжительныхъ, періодовъ (двѣ недѣли, мѣсяцъ, полгода и годъ), послѣднія имѣютъ малыя амплитуды, и потому, когда приливъ не сложенъ и не требуется особенно точныхъ предсказаній приливовъ, то ихъ можно не принимать во вниманіе.

Простыя волны, на которыя разлагаютъ сложную волну наблюдаемаго прилива, суть результатъ вліянія Луны и Солнца, почему ихъ называютъ астрономическими приливами. Но на Землѣ существуютъ еще другія причины, тоже производящія періодическія колебанія уровня океана; напримѣръ, бризы, образующіе колебанія съ суточнымъ періодомъ. Многіе порта расположены въ устьяхъ рѣкъ или на ихъ нижнемъ теченіи, тогда на колебаніи уровня сказывается годовое колебаніе въ количествѣ стока воды въ рѣкѣ, зависящее отъ колебаній въ количествѣ выпадающихъ осадковъ въ бассейнѣ рѣки или отъ таянія снѣговъ для рѣкъ, берущихъ начало въ горахъ.

Въ открытомъ океанѣ на большой глубинѣ форма приливной волны правильная и симметрично расположенная по обѣ стороны вершины. При подходѣ къ берегамъ или въ рѣкахъ малыя глубины заставляютъ волну терять свою симметричность; поэтому у береговъ часто наблюдается, что малая вода стоитъ дольше большой или обратно, и продолжительность прилива меньше, нежели отлива. Всѣ эти обстоятельства тоже должны быть приняты во вниманіе при предсказаніи приливовъ, что и дѣлается введеніемъ простыхъ волнъ отъ метеорологическихъ или мѣстныхъ причинъ.

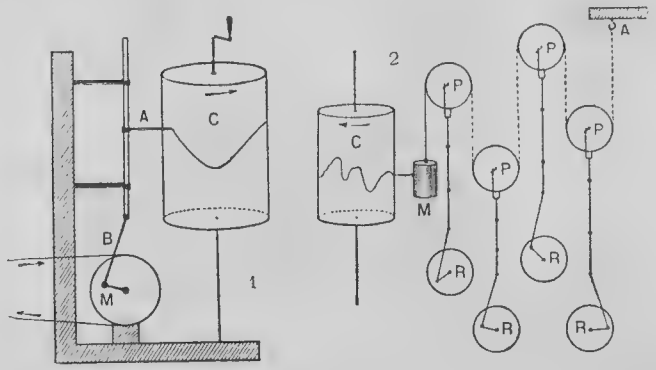
Гдѣ приливъ правильный, то достаточно для предсказанія приливовъ 8—12 простыхъ волнъ, а для портовъ, расположенныхъ въ устьяхъ рѣкъ, необходимо не менѣе 25.

Наименьшій періодъ наблюденій, изъ котораго можно вывести хотя часть «постоянныхъ прилива», есть 15 дней, потому что за этотъ промежутокъ времени Луна успѣетъ измѣнить свое склоненіе отъ нуля до наибольшей величины, и взаимныя положенія Луны и Солнца измѣнятся отъ сизигіи до квадратуры, т.-е. 15-дневный періодъ охватываетъ главнѣйшія видоизмѣненія приливообразующихъ силъ. Затѣмъ одинъ мѣсяцъ, а если надо имѣть очень точныя предсказанія, а приливъ въ этомъ мѣстѣ сложный, то необходимы наблюденія за годовой срокъ.

Раздѣленіе наблюденной кривой прилива на рядъ синуссоидъ, отвѣчающихъ простымъ волнамъ, есть дѣло сложное и долгое. Затѣмъ, когда такимъ путемъ выведены «постоянныя» для каждаго простого прилива, надо ихъ сложить соотвѣтственнымъ образомъ для полученія кривой колебанія уровня на слѣдующій годъ, что тоже есть работа кропотливая. Это сложеніе отдѣльныхъ синуссоидъ можетъ быть выполнено вычисленіемъ, но для облегченія работы можно пользоваться приспособленіемъ, предложеннымъ Г. Дарвиномъ, или особою машиною Кельвина, называемою «предсказатель приливовъ». Эта машина очень сложная и потому дорогая; она существуетъ всего въ нѣсколькихъ экземплярахъ, одна изъ нихъ, позволяющая пользоваться 25 приливными постоянными, имѣется въ Англіи, а другая, иного устройства, допускающая 28 постоянныхъ прилива,—въ Соединенныхъ Штатахъ. Эти машины, разъ установленныя по постояннымъ прилива какого-либо порта, вычерчиваютъ кривую прилива на цѣлый годъ въ нѣсколько часовъ. Въ общемъ, при помощи ихъ, предсказаніе прилива на цѣлый годъ впередъ требуетъ всего около 4—5 дней, тогда какъ вычисленіемъ на это нужно около двухъ-трехъ мѣсяцевъ.

Чтобы дать нѣкоторое понятіе о такихъ машинахъ, здѣсь приведена сначала схема машины для сложенія четырехъ синуссоидъ, или, какъ говорятъ, четырехъ волнъ, а потомъ и внѣшній видъ такой машины, работающей во французскомъ Гидрографическомъ управленіи.

Прежде всего посмотримъ, какъ воспроизвести механически синуссоиду. Выше (стр. 345, фиг. 127) было показано, что при вращеніи точки по окружности ея проекція совершаетъ колебательно движеніе по любому діаметру, напримѣръ, вертикальному. Слѣдовательно, чтобы воспроизвести синуссоиду, можно на вертикальной рейкѣ, ходящей вверхъ и внизъ въ обой-



Фиг. 130. Схема „Предсказателя приливовъ“ лорда Кельвина для четырехъ волнъ.

махъ, укрѣпить карандашъ A (фиг. 130—1), который вращеніемъ мотыля M, при посредствѣ шатуна B, приводится въ колебательное движеніе вверхъ и внизъ. Если передъ карандашомъ A поставить на вертикальной оси цилиндръ C и вращать его равномѣрно во время движенія карандаша A, то послѣдній на бумагѣ, обвертывающей цилиндръ, начертитъ синуссоиду.

Чтобы заставить карандашъ чертить на бумагѣ цилиндра не простую синуссоиду, а сложную кривую, представляющую совокупность нѣсколькихъ простыхъ синуссоидъ, лордъ Кельвинъ устроилъ столько приборовъ, подобныхъ только-что описанному, сколько синуссоидъ слѣдовало сложить. На чертежѣ (фиг. 130—2) складывается четыре синуссоиды; каждая отдѣльная часть прибора состоитъ изъ вертикальнаго стержня, скользящаго въ двухъ обоймахъ, приводимаго въ колебательное движеніе мотылями R. Вверху каждаго стержня имѣется по шкиву P, которые огибаетъ нерастяжимая и гибкая нить, закрѣпленная въ A, а другой конецъ ея натянутъ грузомъ M.

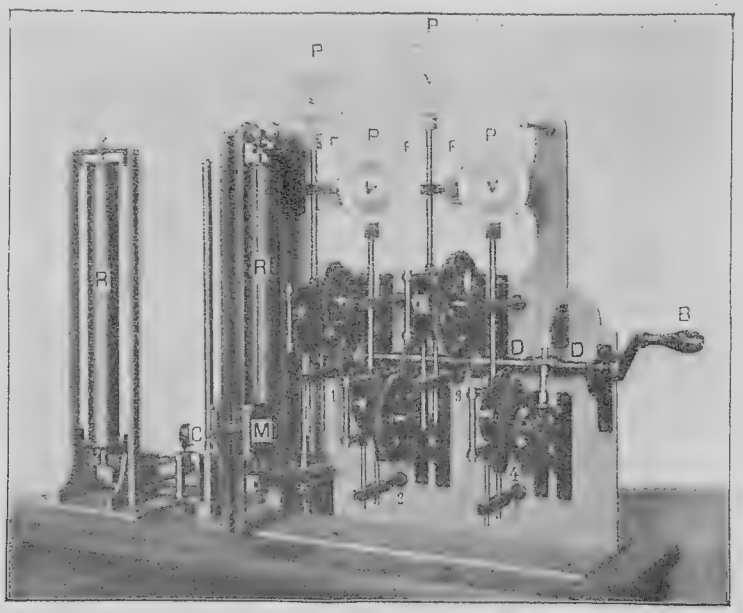
Каждый мотыль R вращается со скоростью, соотвѣтствующей періоду того воображаемаго спутника, котораго синуссоиду онъ долженъ вычерчивать, а амплитуда колебаній каждаго шкива P тоже соотвѣтствуетъ амплитудѣ того простого прилива, который возбуждается тѣмъ же воображаемымъ спутникомъ *).

Такъ какъ нить огибаетъ всѣ шкивы P послѣдовательно, то конецъ ея или грузъ M съ укрѣпленнымъ на немъ карандашомъ совершаетъ колебанія, представляющія алгебраическую сумму одновременныхъ вертикальныхъ колебаній каждаго шкива, и слѣдовательно

*) Величина амплитуды колебаній опредѣляется длиною мотыля R, а періодъ опредѣляется діаметрами зубчатокъ, вращающихъ каждый мотыль.

карандашъ то поднимается, то опускается и вычерчиваетъ на бумагѣ вращающагося цилиндра R кривую, представляющую результатъ сложенія четырехъ заданныхъ синуссоидъ.

Такимъ же образомъ можно построить приборъ для сложенія 25 и 30 синуссоидъ.



Фиг. 131. „Предсказатель приливовъ" лорда Кельвина для четырехъ волнъ.

На фиг. 131 изображено осуществленіе прибора для сложенія четырехъ синуссоидъ, схема котораго дана на фиг. 130—2. Рукоятка B вращаетъ общую ось DD; ея движеніе передается зубчатками соотвѣтственныхъ діаметровъ четыремъ мотылямъ 1, 2, 3 и 4, которые заставляютъ колебаться вверхъ и внизъ вертикальные стержни со шпивами P вверху. Нить закрѣплена направо вверху, огибаетъ всѣ шпивы P и натягивается грузомъ M, снабженнымъ карандашомъ C, ходящимъ въ вертикальныхъ направляющихъ. На два цилиндра R и R навита безконечная лента бумаги, равномѣрнымъ движеніемъ переходящая съ одного цилиндра на другой, въ то время, какъ карандашъ C чертитъ на ней кривую.

Нѣкоторыми примѣрами такого рода вычисленій и ихъ результатовъ служатъ кривыя приливовъ для двухъ мѣстъ на восточныхъ берегахъ Россіи—зал. Де-Кастри (въ Татарскомъ пр.) и о-ва Лангра (при сѣв. выходѣ изъ Татарскаго пр. въ Охотское м.), приведенныя далѣе (фиг. 136, стр. 364). На этихъ графикахъ пунктиромъ показаны кривыя приливовъ, вычисленныя при помощи гармоническаго анализа всего по 8 главнымъ волнамъ и на основаніи: для Де-Кастри только трехмѣсячныхъ наблюденій, а для Лангра четырехмѣсячныхъ. Сплошною же кривою показано дѣйствительно наблюдавшееся колебаніе уровня въ этихъ мѣстахъ.

Въ Де-Кастри, гдѣ приливъ правильный полусуточный, и гдѣ слѣдовательно небольшого періода наблюденій (3 мѣс.) и постоянныхъ прилива для восьми волнъ было достаточно, предсказанная кривая колебанія уровня (пункт.) хорошо совпадаетъ съ кривою дѣйствительнаго колебанія.

На о-вѣ Лангръ приливъ неправильный и сложный, потому тамъ предсказанная кривая, на основаніи 4-мѣсячныхъ наблюденій и тоже восьми волнъ, менѣе хорошо согласуется съ дѣйствительнымъ колебаніемъ уровня; не всегда сходятся высоты полныхъ и малыхъ водъ и времена ихъ наступленія. Здѣсь сказался слишкомъ малый промежутокъ времени наблюденій для столь сложнаго прилива, недостаточный для вывода всѣхъ необходимыхъ постоянныхъ прилива.

Для такихъ случаевъ необходимъ годовой срокъ наблюденій, въ теченіе коего пройдутъ почти всѣ несоизмѣримые періоды простыхъ колебаній, тѣ же колебанія, періоды которыхъ больше года, имѣютъ очень маленькія амплитуды и потому мало вліяютъ на точность предсказаній, въ которыхъ все равно нельзя предвидѣть случайныхъ отклоненій отъ метеорологическихъ причинъ.

Таблицы приливовъ русскія и иностранныя.—При помощи непосредственныхъ вычисленій или пользуясь особыми машинами составляются «Таблицы приливовъ» (Annuaire des marées des côtes de France;—Tables des marées des colonies françaises des mers de Chine;—Tide tables for standard ports in the United Kingdom and other ports of the world;—Tide tables, Washington;—Gezeitentafeln;—Ежегодникъ приливовъ Сѣвернаго Ледовитаго океана и Бѣлаго моря;—Ежегодникъ приливовъ въ основныхъ пунктахъ Восточнаго океана), въ которыхъ для нѣкотораго числа портовъ даются указанія времени полныхъ и малыхъ водъ утреннихъ и вечернихъ и ихъ высотъ надъ тѣмъ уровнемъ, къ которому въ данной странѣ принято приводить всѣ глубины на морскихъ картахъ (а именно: въ Россіи и Великобританіи—къ среднему уровню изъ всѣхъ малыхъ водъ въ сизигіи; во Франціи—къ самому низкому уровню малыхъ водъ въ сизигіи, какой только наблюдался; въ Соед. Штатахъ—къ среднему уровню изъ всѣхъ вообще малыхъ водъ; въ Германіи—къ уровню на 0,3 м. ниже средняго уровня малыхъ водъ въ сизигіи). Для мореплавателей именно и важно знать въ моментъ прохода черезъ какой-либо проливъ, входа въ заливъ, въ портъ и т. п., какая тамъ глубина, чтобы опредѣлить, можетъ ли ихъ судно свободно пройти. Отвѣтъ на этотъ вопросъ и даютъ таблицы приливовъ, почему тамъ и помѣщаются не амплитуды приливовъ, а высоты уровней полныхъ и малыхъ водъ.

Различныя таблицы приливовъ, конечно, прежде всего и наиболѣе подробно даютъ свѣдѣнія для портовъ своей страны, а потомъ уже для нѣкотораго числа иностранныхъ портовъ. Самыя большія таблицы — англійскія и американскія. Въ англійскихъ (1915 г.) для 58 портовъ частью въ Великобританіи, а частью иностранныхъ даются подробныя предсказанія на каждый день; для портовъ съ менѣе правильными приливами указаны времена и высоты полныхъ и малыхъ водъ, а гдѣ приливы правильны, тамъ только для полныхъ водъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ внизу страницы даются для нѣсколькихъ добавочныхъ портовъ «постоянныя прилива», при помощи которыхъ можно приблизительно находить время и высоты полныхъ и малыхъ водъ, придавая алгебраически эти «постоянныя» къ предсказаннымъ величинамъ для главнаго порта.

Внизу страницы для каждаго порта всегда указанъ способъ вычисленія и матеріалы, для того служившіе.

Во второй части таблицъ для 1.160 мѣстъ даны: *прикладной часъ* и *высоты* сизигійныхъ и квадратурныхъ приливовъ. Пользуясь прикладнымъ часомъ, можно находить время полныхъ и малыхъ водъ (см. стр. 340), а разсчитывая по пропорціи между высотами сизигійныхъ и квадратурныхъ полныхъ водъ можно находить и высоты полныхъ водъ на данный день. Особыя діаграммы въ таблицахъ позволяютъ находить высоты уровня для любого часа дня.

Американскія таблицы самыя обширныя; въ нихъ для 70 портовъ Соед. Штатовъ и всего свѣта предсказаны времена и высоты полныхъ и малыхъ водъ и имѣется очень удобная таблица для нахожденія высоты уровня въ любой моментъ для тѣхъ же портовъ.

Во второй части для 3.220 портовъ даны особыя постоянныя прилива и указанъ тотъ портъ въ первой части таблицъ, по которому, пользуясь этими поправками, можно получать время и высоты полныхъ и малыхъ водъ и для этихъ второстепенныхъ портовъ. Затѣмъ тамъ же даны еще разныя полезныя свѣдѣнія о характерѣ приливовъ въ разныхъ портахъ. Такимъ образомъ таблицы служатъ для 3.290 портовъ всего свѣта. Кромѣ того, въ таблицахъ еще даны предсказанія приливныхъ теченій для многихъ мѣстъ у береговъ Соед. Штатовъ.

Въ русскихъ таблицахъ (1915 г.) даны предсказанія приливовъ для русскихъ береговъ Сѣвернаго Ледовитаго ок. для 98 мѣстъ, при чемъ основнымъ портомъ считается Екатерининская гавань на Мурманѣ. Для

ней имѣются предсказанія времени и высотъ полныхъ и малыхъ водъ на каждый день и, кромѣ того, высоты уровня на каждый часъ сутокъ на цѣлый годъ; помощью этой таблицы можно и для другихъ портовъ получать высоты уровня на каждый часъ. Кромѣ того, для 14 портовъ предсказываются и приливныя теченія.

Для Бѣлаго м. основнымъ портомъ служитъ Кемь, для которой имѣются такія же предсказанія, какъ и для Екатер. гавани. Затѣмъ для 88 другихъ мѣстъ моря вычислены поправки, помощью которыхъ, пользуясь предсказаніемъ для Кеми, можно получать времена полныхъ и малыхъ водъ. То же самое сдѣлано и для высотъ уровней въ каждомъ мѣстѣ; и для 14 мѣстъ предсказаны приливныя теченія.

Въ «Ежегодникѣ приливовъ въ основныхъ пунктахъ Восточнаго океана», впервые вышедшемъ на 1915 г., помѣщены предсказанія временъ полныхъ и малыхъ водъ утреннихъ и вечернихъ, а также и высотъ на каждый часъ сутокъ на весь годъ для трехъ основныхъ портовъ залива Де-Кастри, о-ва Лангръ и бухты Нагаева. На 1916 г. «Ежегодникъ» содержитъ, кромѣ того, поправки временъ полныхъ и малыхъ водъ и коэффиціенты прилива въ основныхъ пунктахъ для полученія тѣхъ же водъ и высотъ уровня моря въ другихъ пунктахъ Восточнаго океана. Число такихъ мѣстъ 22.

Здѣсь (фиг. 132) приведены образцы частей страницъ четырехъ Таблицъ приливовъ: русскихъ—для Екатерининской гавани; французскихъ—для Бреста, англійскихъ—для Дувра и американскихъ—для Манилы (Филип. о-ва). Въ послѣднемъ портѣ приливъ отличается большою суточною составляющею, когда Луна далеко отъ экватора, и въ это время тамъ въ сутки бываетъ только одинъ приливъ и одинъ отливъ. Когда же Луна около экватора, то приливъ имѣетъ правильный характеръ *).

*) Въ американскихъ таблицахъ—буква N въ лѣвой графѣ мѣсяца значитъ, что Луна находится въ этотъ день въ наиб. сѣв. склоненіи; E—что она на экваторѣ; P—перигей.

Первая строка каждаго дня есть моментъ полной или малой воды, а подъ ними—высоты ихъ, отрицательныя ниже нуля, къ кот. на морскихъ картахъ приведены всѣ глубины. Время остается отъ 0 ч. до 24 ч., нуль соотвѣтствуетъ полуночи относительно разныхъ меридіановъ, указанныхъ внизу страницъ таблицъ.

Въ англійск. табл. время дано Гриничское по гражданскому счисленію, до полудня обыкн. шрифтъ, а послѣ полудня—жирный шрифтъ.

Въ америк. и англ. табл. не указано, гдѣ полная вода и гдѣ малая, это и само собою видно изъ сравненія сосѣднихъ чиселъ той же строки между собою.

Въ русскихъ табл. время дано мѣстное по гражданскому счету, также и во франц. табл., только тамъ время западно-европейское (Гриничское), отличающееся отъ Петроградскаго почти на 2 ч.

Ю. М. Шокальскій.

16

Для Екатерининской Гавани

НОЯБРЬ 1915 г.			ПОЛНАЯ ВОДА				МАЛАЯ ВОДА			
			утренняя		вечерняя		утренняя		вечерняя	
	Числ.	Дни.	Время.	Высота.	Время.	Высота.	Время.	Высота.	Время.	Высота.
			ч. м.	футы	ч. м.	футы	ч. м.	футы	ч. м.	футы
☽	1	Вс	—	—	0 21	10,4	6 00	3,1	6 21	4,4
	2	Пн	0 36	10,5	1 30	10,3	7 06	3,2	7 50	4,6
	3	Вт.	1 42	10,6	2 51	10,5	8 15	3,2	8 54	4,4
	4	Ср.	2 57	10,7	3 51	10,8	9 30	2,9	9 54	4,1
	5	Ч.	4 00	10,9	4 42	11,2	10 15	2,8	10 45	3,9
	6	Пт.	4 48	11,0	5 27	11,3	11 00	2,7	11 27	3,6
	7	Сб.	5 30	11,0	6 03	11,5	11 45	2,7	—	—
○	8	Вс.	6 12	11,0	6 48	11,6	0 12	3,4	0 24	2,8
	9	Пн.	7 00	10,9	7 24	11,7	0 51	3,2	1 06	3,0
	10	Вт.	7 36	10,6	7 51	11,4	1 36	3,4	1 39	3,3
	11	Ср.	8 06	10,4	8 24	11,3	2 06	3,4	2 09	3,5
	12	Ч.	8 42	10,1	9 00	11,1	2 42	3,6	2 39	3,8
	13	Пт.	9 21	9,9	9 30	10,9	3 18	3,7	3 18	4,1
	14	Сб.	10 00	9,7	10 21	10,4	3 51	3,8	4 03	4,5
	15	Вс.	11 00	9,5	11 06	10,2	4 45	4,1	4 54	4,8
☾	16	Пн.	11 57	9,6	11 57	10,1	5 30	4,1	5 48	5,0
	17	Вт.	—	—	0 51	9,6	6 30	4,0	6 54	5,1
	18	Ср.	0 57	10,0	2 09	10,0	7 27	3,9	8 09	5,0
	19	Ч.	2 12	10,0	3 09	10,5	8 36	3,5	9 12	4,6
	20	Пт.	3 09	10,8	4 00	11,0	9 30	3,1	10 06	4,1
	21	Сб.	4 06	10,7	4 45	11,6	10 21	2,6	10 57	3,5
	22	Вс.	4 57	11,2	5 36	12,1	11 12	2,2	11 48	3,0
●	23	Пн.	5 45	11,5	6 27	12,5	—	—	0 03	1,9
	24	Вт.	6 42	11,8	7 03	12,7	0 39	2,4	0 54	1,9

BREST. — DECEMBRE 1915. 141

JOURS DU MOIS.	J. DE LA SEMAINE.	PLEINES MERS.				BASSES MERS.			
		MATIN.		SOIR.		MATIN.		SOIR.	
		Heure légale.	Hauteurs.	Heure légale	Hauteurs.	Heure légale.	Hauteurs.	Heure légale.	Hauteurs.
		h. m.	décim.	h. m.	décim.	h. m.	décim.	h. m.	décim.
1	M.	10 52	60.	11 25	60	4 44	30.	5 18	28.
2	J.	11 57	62.	....	.....	5 50	28	6 19	25.
3	V.	0 25	63.	0 53	66	6 47	24.	7 13	22
4	S.	1 18	67	1 43	69	7 39	21	8 3	19
5	D.	2 8	71	2 33	72	8 29	18	8 53	16
6	●	2 58	74	3 22	74	9 18	15.	9 42	14.
7	M.	3 46	76	4 11	75	10 7	13.	10 31	14
8	M.	4 36	76.	5 1	75	10 57	13.	11 22	15
9	J.	5 27	75.	5 51	73	11 47	15	....	.....
10	V.	6 18	73.	6 43	70	0 14	17	0 40	17
11	S.	7 9	70.	7 35	67	1 6	20	1 34	20
12	D.	8 3	67	8 31	64	2 1	23	2 30	23
13	☽	9 1	64.	9 31	61.	2 59	25.	3 29	25.
14	M.	10 4	62.	10 38	60	4 0	23	4 33	27
15	M.	11 10	61	11 44	60	5 4	20	5 37	28
16	J.	....	.....	0 17	61	6 9	29	6 39	27.
17	V.	0 46	61	1 14	61.	7 8	28	7 35	27
18	S.	1 40	62	2 5	63	8 1	26.	8 24	25.
19	D.	2 27	64	2 48	64.	8 45	25	9 7	24.
20	L.	3 9	66	3 28	65.	9 26	23.	9 46	23

ENGLAND, EAST COAST—DOVER. .29

H. W. F. & C. { XI^H. 12^M. (Local mean time). XI. 7 (Standard time). Lat. 51° 7′ N. Long. 1° 19′ E.

WEEK DAY.	MONTH DAY.	NOVEMBER, 1915.							
		Time. H. M.	Ht. F. I.	Time. H. M.	Ht. F. I.	Time. H. M.	Ht. F. I.	Time H. M.	Ht. F. I.
M.	1	5 6	13 9	—	—	0 15	4 7	5 54	13 5
Tu.	2	0 53	5 0	6 29	14 3	1 38	3 11	7 12	14 3
W.	3	2 13	4 2	7 39	15 3	2 52	2 10	8 13	15 5
Th.	4	3 19	3 0	8 29	16 6	3 48	1 7	8 54	16 7
F.	5	4 6	1 9	9 7	17 9	4 29	0 5	9 28	17 7
S.	6	4 45	0 9	9 42	18 6	5 9	*0 3	10 6	18 3

WEEK DAY.	MONTH DAY.	DECEMBER, 1915.							
		Time. H. M.	Ht. F. I.	Time. H. M.	Ht. F. I.	Time. H. M.	Ht. F. I.	Time. H. M.	Ht. F. I.
W.	1	0 0	4 6	5 33	14 9	0 39	3 9	6 14	14 3
Th.	2	1 11	4 2	6 41	15 4	1 50	3 1	7 18	15 1
F.	3	2 19	3 5	7 41	16 3	2 54	2 2	8 12	16 1
S.	4	3 18	2 4	8 29	17 3	3 48	1 2	8 55	17 0
S.	5	4 9	1 4	9 12	18 1	4 37	0 4	9 38	17 10
M.	6	4 57	0 7	9 58	18 7	5 25	0 1	10 27	18 5

216 MANILA (Pasig River Entrance), PHILIPPINE ISLANDS.

OCTOBER.						
Moon.	Day of— W.	Mo.	Time and Height of High and Low Water.			
	Tu	1	0:39 3.0	7:55 −0.3	14:23 1.7	18:31 1.1
	W	2	1:10 3.3	8:57 −0.3	15:22 1.2	18:28 1.0
N	Th	3	1:49 3.6	10:10 −0.3	16:54 0.9	18:14 0.8
☾	F	4	2:35 3.8	11:39 −0.3	....	....
	S	5	3:34 3.9	13:20 −0.4	....	....
	S	6	4:48 3.8	14:50 −0.4	....	....

NOVEMBER.						
Moon.	Day of W.	Mo.	Time and Height of High and Low Water.			
	F	1	1:26 4.1	10:07 −0.8	....	....
☾	S	2	2:17 4.1	11:11 −0.6	....	....
P	S	3	3:16 3.8	12:21 −0.4	....	....
	M	4	4:28 3.4	13:22 0.0	....	....
	Tu	5	6:01 3.0	14:16 0.3	20:20 1.2	...
E	W	6	0:13 1.0	7:42 2.6	14:54 0.7	20:32 1.6

DECEMBER.						
Moon.	Day of— W.	Mo.	Time and Height of High and Low Water.			
☾	S	1	2:11 4.0	10:33 −0.6	17:19 1.1	19:12 1.0
	M	2	3:06 3.5	11:16 −0.1	17:10 1.2	20:50 1.0
E	Tu	3	4:13 2.9	11:56 0.1	18:06 1.5	23:00 0.9
	W	4	5:45 2.3	12:25 0.9	18:39 1.9	...
	Th	5	1:15 0.7	7:49 1.8	12:42 1.3	19:16 2.4
	F	6	3:06 0.2	10:32 1.6	12:00 1.5	19:58 2.8

Фиг. 132. Образцы: русскихъ, французскихъ, англійскихъ и американскихъ „Таблицъ приливовъ“, всѣ для 1915 г.

Потому въ приведенномъ примѣрѣ таблицъ въ октябрѣ для первыхъ трехъ дней имѣется по двѣ полныхъ и малыхъ водъ въ сутки. 3-го числа Луна достигла наибольшаго сѣвернаго склоненія, и наступило сильное суточное неравенство (оно должно было бы случиться раньше, но вслѣдствіе инерціи и трепія запаздываетъ). 9-го числа, которое не помѣстилось въ примѣрѣ, тутъ приведенномъ, Луна на экваторѣ, и приливъ принимаетъ опять правильный характеръ. То же самое хорошо видно въ слѣдующемъ столбцѣ ноября мѣсяца: 5-го числа Луна близка къ экватору, уже наблюдается вторая полная вода, а 6-го, когда Луна на экваторѣ, приливъ принимаетъ полусуточный характеръ. Въ началѣ декабря Луна около экватора и приливъ правильный (отсутствіе верхней малой воды 4-го числа произошло только вслѣдствіе того, что два прилива и два отлива бываютъ не за 24 ч., а за 24 ч. 50 м.).

Точность таблицъ.—Точность предсказаній въ таблицахъ приливовъ для тѣхъ портовъ, гдѣ предсказаны всѣ полныя и малыя воды, вполнѣ достаточна для практики мореплаванія. Обыкновенно время предсказывается точнѣе, нежели высота, потому что на послѣднюю имѣютъ большее вліяніе метеорологическія причины случайнаго характера. Время обыкновенно предсказывается съ точностью до 15—20 м.; ошибки въ полчаса рѣдки, а высоты—до фута, ошибки до 2 ф. рѣдки. Для портовъ же, гдѣ полныхъ предсказаній нѣтъ, а для нихъ пользуются данными основного порта, придавая къ нимъ поправки, точность меньше, но въ предѣлахъ 30—45 м. и 2 ф. по высотѣ. Штормовыя погоды могутъ иногда совершенно исказить предсказанное. Для портовъ, гдѣ имѣются многолѣтнія ежечасныя наблюденія, гармоническія постоянныя выводятся гораздо точнѣе.

Вспомнивъ все сказанное выше относительно сложности какъ самого явленія прилива, такъ и тѣхъ условій на Землѣ, среди которыхъ онъ существуетъ, нельзя не прійти къ заключенію, что получаемая точность предсказаній, основанныхъ исключительно на законѣ всемірнаго тяготѣнія, есть одно изъ блестящихъ доказательствъ его вѣрности.

Наблюдаемый на Землѣ характеръ приливовъ и примѣры ихъ.—Все изложенное выше показываетъ, что характеръ приливовъ въ природѣ можетъ иногда значительно отличаться отъ предполагаемаго теоріей.

Однако, такъ какъ и Луна и Солнце возбуждаютъ главнымъ образомъ приливъ полусуточный, остальныя же обстоятельства, указанныя

выше, только видоизмѣняютъ явленіе, то его главный характеръ, т.-е. полусуточное колебаніе уровня, сохраняется въ большей части океана

Изъ двухъ приливообразующихъ свѣтилъ Луна обладаетъ въ 2,2 раза большею приливною силою, нежели Солнце; потому и явленіе прилива въ большей части мѣстъ въ значительной степени зависитъ отъ Луны. Приливы, въ которыхъ преобладаетъ вліяніе Солнца, наблюдаются въ небольшомъ числѣ мѣстъ (см. кривую прилива на Таити, фиг. 136).

Приливъ, гдѣ колебаніе уровня случается два раза въ теченіе 24—25 час. и оба раза предѣлы колебаній достигаютъ одинаковой величины, называется правильнымъ.

Главное разнообразіе въ характерѣ приливовъ въ океанѣ заключается въ неодинаковости ихъ при верхнемъ и нижнемъ прохожденіи Луны черезъ меридіанъ мѣста, т.-е. въ суточномъ неравенствѣ какъ по высотѣ, такъ и по времени. Случается, что суточное неравенство по высотѣ доходитъ до такой величины, что одна изъ двухъ полныхъ водъ совершенно пропадаетъ, и тогда въ этомъ мѣстѣ наблюдается въ сутки одна полная и одна малая воды (Манила, стр. 353).

Какъ выше было объяснено, на основаніи законовъ всемірнаго тяготѣнія приливообразующія силы Луны и Солнца прежде всего стремятся возбудить приливъ полусуточнаго характера, а затѣмъ уже періодическія удаленія свѣтилъ отъ экватора вносятъ нѣкоторое нарушеніе въ такой правильный ходъ явленія. Первая причина обусловливаетъ въ явленіи прилива полусуточную составляющую, а вторая—суточную составляющую; отъ относительной величины этихъ составляющихъ въ данный моментъ и вліянія на нихъ мѣстныхъ условій (глубины, очертанія береговъ, положенія относительно открытаго океана, интерференцій, и т. п.) и зависитъ характеръ прилива въ каждомъ мѣстѣ.

Обзоръ характера приливовъ въ океанахъ.—Въ общемъ по берегамъ океановъ приливы имѣютъ довольно правильный характеръ, въ Атлантическомъ океанѣ и особенно въ его сѣверной половинѣ приливъ очень правильный, что и облегчило въ свое время первое изученіе явленія.

Неправильные приливы есть въ Мексиканскомъ зал. и Карибскомъ м. и въ нѣкоторыхъ другихъ мѣстахъ.

Въ Тихомъ ок. (45% Міров. ок.) въ общемъ приливы менѣе правильны, нежели въ Атлантическомъ ок.; наиболѣе правильные у береговъ Южной Америки, Австраліи и на нѣкоторыхъ островахъ (Самоа).

Неправильные приливы наблюдаются вдоль береговъ Сѣверной Америки и вдоль океаническихъ береговъ Японіи. Особенно неправильные въ моряхъ Азіатскаго побережья (Филиппины, Тонкинскій зал.) и на нѣкоторыхъ островахъ (Сандвичевы).

Въ Индійскомъ океанѣ во многихъ мѣстахъ побережья правильные приливы.

Неправильные—вдоль береговъ Африки и особенно у западныхъ береговъ Австраліи.

Объяснить, чѣмъ обусловлено появленіе неправильныхъ приливовъ, пока невозможно. Иногда почти рядомъ наблюдаются приливы совершенно разнаго характера; напримѣръ, въ Зондскихъ моряхъ приливы односуточные, а почти рядомъ по западному побережью Индо-Китая, Малакки и Суматры въ Индійскомъ ок. они полусуточные. Въ Де-Кастри приливъ правильный, а немного сѣвернѣе, у о-ва Лангра,—неправильный.

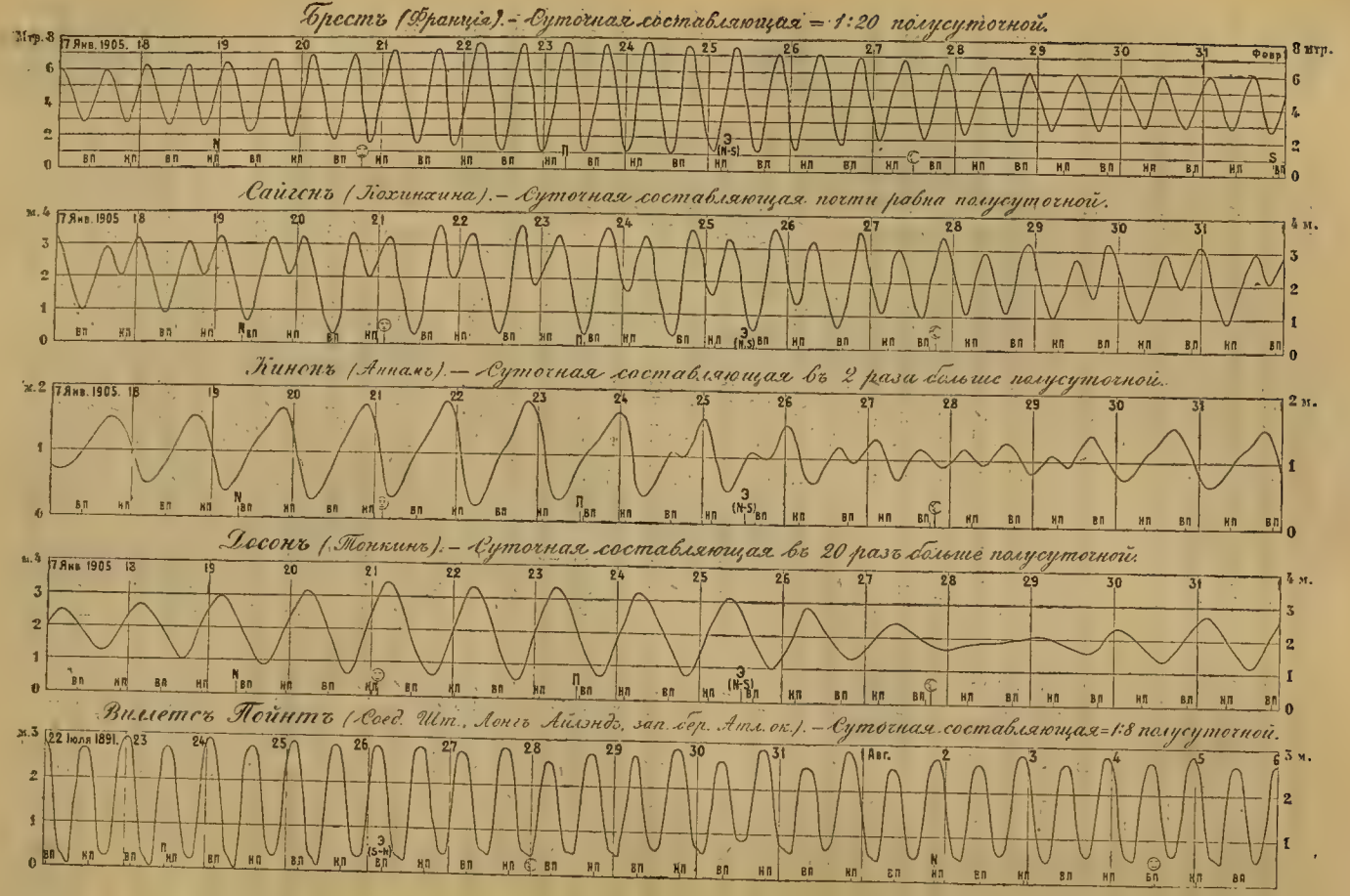
Очевидно, это есть результатъ вліянія мѣстныхъ условій, понимая послѣднія широко, т.-е. не только какъ условія вокругъ самого мѣста наблюденія, но и на значительномъ пространствѣ вокругъ него.

Для поясненія вышесказаннаго о характерѣ приливовъ на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 133) изображены кривыя колебанія уровня, вслѣдствіе прилива разнаго характера, въ пяти мѣстахъ. Четыре верхнія кривыя изображаютъ колебанія уровня за 15 дней для: Бреста, Сайгона, Кинона (Аннамъ) и Досона (Тонкинъ) для одного и того же времени *).

Въ *Брестѣ* приливъ отличается очень большою правильностью, суточная составляющая всего $^1/_{20}$ полусуточной. На кривой хорошо видны всѣ особенности прилива.

Прежде всего, прослѣдивъ кривую за всѣ 15 дней, видно, какъ ежедневно вмѣстѣ съ Луною опаздываютъ и моменты полныхъ и малыхъ водъ относительно солнечнаго времени. Прикладной часъ Бреста 3 ч. 46 м., и на кривой полная вода вездѣ опаздываетъ приблизительно на такую же величину. Амплитуда правильно увеличивается отъ квадратуры къ

*) На всѣхъ кривыхъ приливовъ приняты слѣдующія обозначенія: вертикальныя линіи поперекъ всего чертежа есть линіи полночи. Коротенькія черточки съ буквами ВП и НП отмѣчаютъ моменты верхняго и нижняго прохожденій Луны черезъ меридіанъ мѣста. Буква Э показываетъ моментъ, когда Луна на экваторѣ, рядомъ въ скобкахъ (N—S) указываетъ, что склоненіе мѣняется изъ N на S или обратно. Буквы N или S показываютъ моменты, когда склоненіе Луны наибольшее. Фазы Луны показаны обычными знаками. Буквы П и А указываютъ моменты Перигея и Апогея. На всѣхъ кривыхъ новый стиль.



Фиг. 133. Кривыя колебанія уровня при приливѣ: въ Брестѣ, Сайгонѣ, Кинонѣ, Досонѣ и Виллетсъ Пойнтъ.

сизигіи, но наибольшая амплитуда случается позже сизигіи почти на полторы сутокъ, это есть возрастъ прилива (38 ч.). Перигей пришелся на 23-е, черезъ двое сутокъ послѣ сизигіи, и потому амплитуда стала еще больше. Наибольшее N склоненіе было въ полночь на 19-е, и, несмотря на то, на кривой незамѣтно вліянія суточнаго неравенства, приливы въ обоихъ прохожденіяхъ остаются одинаковы. Суточное неравенство во времени тоже незамѣтно, моменты малыхъ водъ приходятся точно по серединѣ между полными водами, и повышеніе и пониженіе уровня, т.-е. приливъ и отливъ происходятъ одинаково быстро; уровень также не застаивается ни на полныхъ, ни на малыхъ водахъ.

Въ *Сайгонѣ* суточная составляющая почти равна полусуточной, и потому, когда склоненіе Луны большое (между 17—25), одна изъ двухъ малыхъ водъ сильно разнится отъ другой, получается большое суточное неравенство по высотѣ. Есть суточное неравенство и по времени, потому что мѣстами отливъ короче прилива. 25-го Луна на экваторѣ, и послѣ этого суточное неравенство уменьшается, а 30-го снова увеличивается.

Въ *Кинонѣ* (Аннамъ) суточная составляющая въ два раза больше полусуточной, и тамъ, при большомъ склоненіи Луны, только одинъ приливъ и отливъ въ сутки, при чемъ отливъ короче прилива. Когда же Луна около экватора, то наблюдается два прилива и два отлива (26—29).

Въ *Досонѣ* (Тонкинъ) суточная составляющая въ двадцать разъ больше полусуточной, и тамъ наблюдается круглый годъ только суточный приливъ, при чемъ въ квадратуры (28) и при маломъ склоненіи приливъ совершенно неправильный.

Въ *Виллетсъ Пойнтѣ* (мысъ Виллетъ въ заливѣ Лонгъ-Айлендъ около Нью-Іорка) по другую сторону Атлантическаго океана, немного южнѣе Бреста, приливъ тоже правильный, но суточная составляющая равна одной восьмой полусуточной, и потому, когда склоненіе Луны большое (съ 30-го авг.), суточное неравенство становится замѣтно. Полныя и малыя воды имѣютъ замѣтную продолжительность, и въ малыхъ водахъ есть нѣкоторая неправильность.

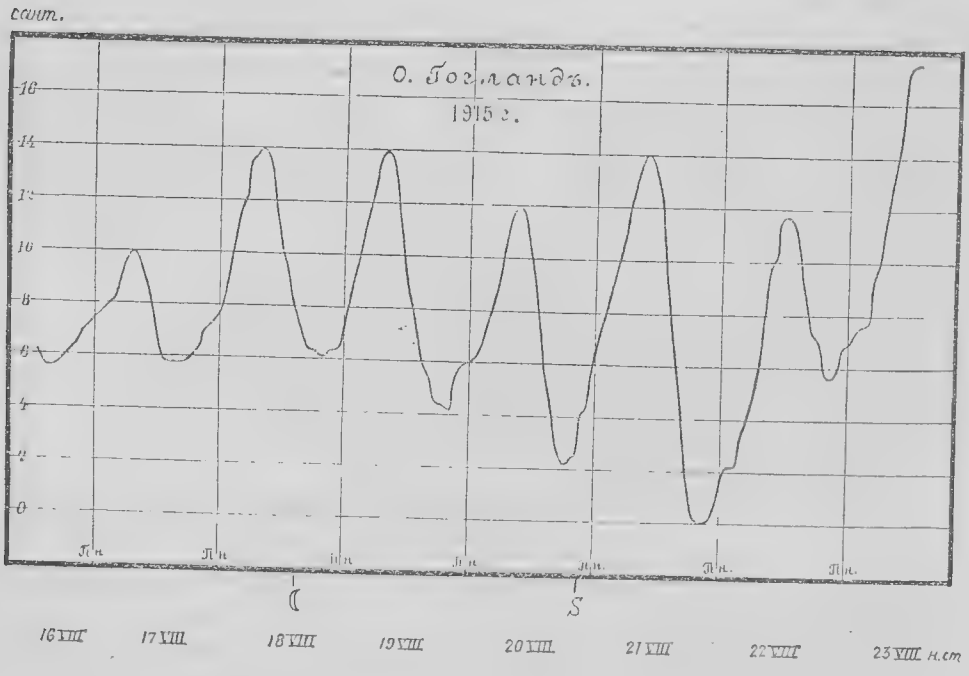
Приливы у береговъ Россіи и въ Тихомъ океанѣ.—Явленіе приливовъ въ русскихъ моряхъ за послѣдніе годы стало обстоятельно изучаться, и въ настоящее время Главнымъ Гидрографическимъ Управленіемъ Морского Министерства издаются особые «Ежегодники приливовъ» для Мурмана и Бѣлаго м. (примѣрная страница дана выше, стр. 354) и для русскихъ побережій Восточнаго ок. Кромѣ того, приливы еще наблю-

дались и въ Балтійскомъ м., но, вслѣдствіе малой амплитуды, тутъ они не имѣютъ значенія для мореплаванія, а только теоретическій интересъ.

Въ Скагерракѣ и Каттегатѣ найдены приливы не только въ поверхностномъ слоѣ опрѣсненной воды, но и въ болѣе глубокомъ и солеломъ слоѣ, при чемъ амплитуды въ нижнемъ слоѣ оказались значительнѣе (стр. 107). Въ Копенгагенѣ амплитуда 11 сант.

Въ южной части *Балтійскаго* моря амплитуды прилива не велики: Киль—7 сант., Свинемюнде—2 сант., Либава—1,4 ст., т.-е. совершенно незамѣтныя безъ тщательныхъ наблюденій самопишущимъ уровнемѣромъ. Въ Ботническомъ зал. недавно тоже обнаружены приливы. Въ Ганге, при входѣ въ заливъ, амплитуда 3,7 ст., а на сѣверѣ, въ Ратанъ,—2,9 ст. Въ Финскомъ зал. въ Гельсингфорсѣ—4,3 ст., въ Ревелѣ—2,6 ст.; при этомъ въ обоихъ заливахъ ясно выраженнаго суточнаго характера.

Только-что установленный Гл. Гидрограф. Упр. уровнемѣръ на сѣверной оконечности о-ва Гогланда по серединѣ восточной части Финскаго зал. далъ слѣдующую запись (фиг. 134) за семь дней тихой погоды въ Августѣ 1915 г. Наибольшее за Августъ мѣсяцъ склоненіе



Фиг. 131. Кривая прилива на о-вѣ Гогландъ въ Финскомъ заливѣ.

Луны S-е пришлось почти по срединѣ періода наблюденій, что̀ очень выгодно для выясненія характера прилива. На чертежѣ хорошо видно, что суточная составляющая очень велика, и потому въ сутки бываетъ только одна полная и одна малая воды съ амплитудою до 14 сант.

Въ Петроградѣ приливъ тоже имѣется, сизигійная амплитуда 4,80 сант.; когда склоненіе Луны велико, то и суточное неравенство велико, и тогда бываетъ только одинъ приливъ и отливъ въ сутки.

Въ *Черномъ* м. пока приливы еще не были обнаружены, но болѣе тщательная обработка записей самопишущихъ уровнемѣровъ, можетъ-быть, еще покажетъ существованіе приливовъ и тамъ.

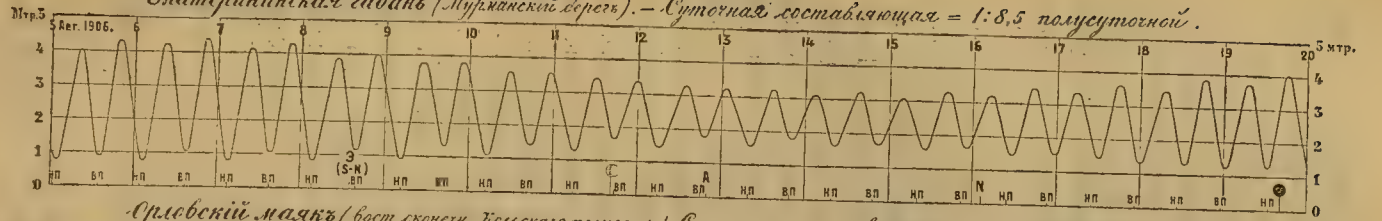
У береговъ *Мурмана* и въ *Бѣломъ* м. и у береговъ *Сибири* приливы совершенно правильные полусуточные; на чертежѣ (фиг. 135) показаны кривыя приливовъ для: Екатерининской гавани, лежащей при входѣ въ Кольскій зал., Орловскаго маяка при входѣ съ сѣвера въ Горло Бѣлаго м. (на восточной оконечности Кольскаго пол-ва), о-ва Борщовецъ Бережной на юго-западномъ берегу Онежскаго зал. (между с. Унежма и Сумскимъ посадомъ), с. Кандалакши въ верховьѣ залива того же названія, г. Кеми на западномъ берегу Бѣлаго м. (о-въ Поповъ въ устьѣ р. Кеми, ниже города) и рейда Зари около о-ва Таймыръ (въ проливѣ между о-мъ Таймыръ и западнымъ Таймырскимъ полуостр., мѣсто первой зимовки русской полярной экспедиціи барона Толя въ 1901 г.).

Въ *Екатерининской гавани* суточная составляющая прилива равна $^1/_3$ полусуточной, тогда какъ въ Брестѣ она $^1/_{20}$, несмотря на это, общій характеръ прилива совершенно правильный полусуточный, какъ это хорошо видно на кривой прилива за двѣ недѣли отъ сизигіи 5-го Августа до 19-го Августа н. ст. Наибольшая амплитуда наступаетъ послѣ сизигіи (возрастъ прилива 44 часа), также и наименьшая послѣ квадратуры (12—VIII); приливъ и отливъ продолжаются одинаковое время, но такъ какъ суточная составляющая имѣетъ замѣтную величину по отношенію къ полусуточной, то полныя и малыя воды въ нижнемъ прохожденіи Луны меньше, нежели въ верхнемъ. Сизигійная амплитуда 3,8 м. (12,5 ф.).

Приливъ въ Екатерининской гавани былъ изслѣдованъ по способу гармоническаго анализа и послужилъ основнымъ для предсказанія приливовъ по всему Мурману, гдѣ по изслѣдованію оказалось, что приливы вездѣ имѣютъ правильный характеръ.

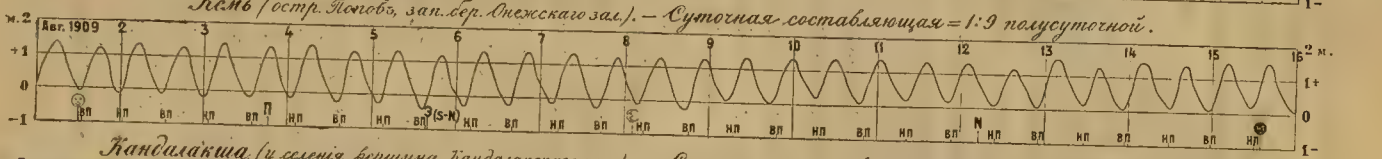
На *Орловскомъ маякѣ* приливы столь же правильны, какъ и въ Екатерининской гавани, но амплитуды ихъ больше 6,7 м. (18,6 ф.),

Екатерининская гавань (Мурманскій берегъ). — Суточная составляющая = 1:8,5 полусуточной.

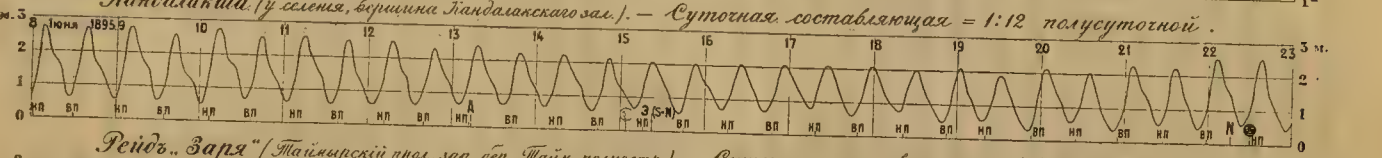


Орловскій маякъ (вост. оконечн. Кольскаго полуостр.). Суточная составляющая = 1:11 полусуточной.

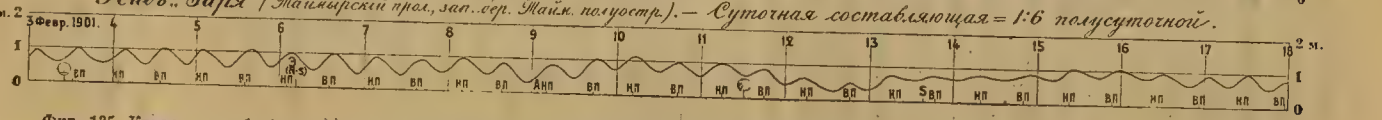
Кемь (остр. Поповъ, зап. бер. Онежскаго зал.). — Суточная составляющая = 1:9 полусуточной.



Кандалакша (у селенія, вершина Кандалакскаго зал.). — Суточная составляющая = 1:12 полусуточной.



Рейдъ „Заря" (Таймырскій прол., зап. бер. Таймыр. полуостр.). — Суточная составляющая = 1:6 полусуточной.



Фиг. 135. Кривыя колебанія уровня при приливахъ: въ Екатерин. гавани на Мурманѣ, Орловскомъ м., Кеми, Кандалакшѣ и на рейдѣ „Заря".

потому что онъ лежитъ въ узкости, въ Горлѣ Бѣлаго моря. Суточное неравенство тутъ мало замѣтно.

Въ *Кеми*, на о-вѣ Поповѣ, приливъ тоже правильный, въ немъ не велики разницы въ сизигійныхъ и квадратурныхъ приливахъ. О-въ Поповъ находится у устья рѣки Кеми, и ея теченіе сказывается на характерѣ кривой, приливъ продолжается меньше времени, нежели отливъ, и при послѣднемъ иногда замѣчается нѣкоторая неправильность около малой воды. Сизигійная амплитуда 1,6 м. (5,2 ф.).

Приливъ въ Кеми также обработанъ по способу гармоническаго анализа и служитъ основаніемъ для предсказанія приливовъ въ другихъ мѣстахъ Бѣлаго м.

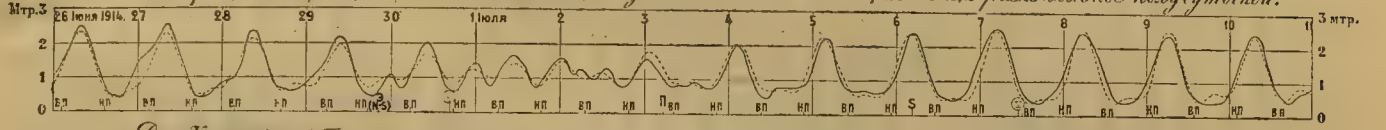
Въ *Кандалакшѣ* приливъ тоже полусуточнаго характера, суточное неравенство мало замѣтно. Такъ какъ Кандалакша стоитъ въ устьѣ рѣки, то вліяніе ея сказывается на продолжительности прилива и отлива, и въ послѣднемъ бываютъ небольшія неправильности, подобныя, какъ въ Кеми, но болѣе замѣтныя. Сизигійная амплитуда 2,1 м. (6,8 ф.). Столь же правильны приливы и въ остальной части Бѣлаго м.

На основаніи обработки наблюденій приливовъ на Новой Землѣ въ двухъ мѣстахъ, у береговъ Сибири у Таймырскаго пр., у устьевъ р. Лены и р. Колымы и на Ново-Сибирскихъ о-вахъ видно, что и далѣе, вдоль сѣвернаго берега Россіи до Берингова пр., приливы продолжаютъ сохранять полусуточный характеръ, нарушаемый въ устьяхъ такихъ большихъ рѣкъ, какъ Лена и Колыма, стокомъ ихъ водъ. Для характеристики приливовъ у береговъ Сибири приведена (фиг. 135) кривая для рейда Зари, гдѣ, какъ видно, приливъ совершенно правильный полусуточный съ сизигійною амплитудою въ 0,5 м. (21 д.).

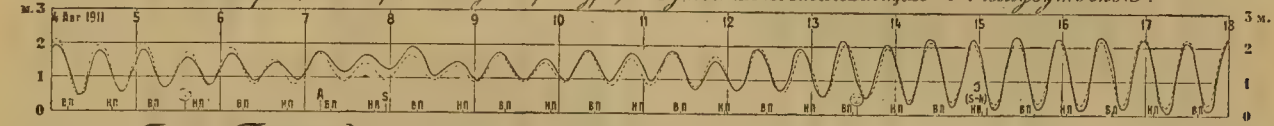
По берегамъ Тихаго ок. приливы мѣстами отличаются, какъ выше было указано, большими неправильностями, и, чтобы дать о нихъ понятіе, на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 136) приведены кривыя приливовъ для двухъ мѣстъ на русскихъ берегахъ—зал. Де-Кастри въ Татарскомъ пр., въ той его части, гдѣ онъ значительно расширяется, и на о-вѣ Лангръ при входѣ въ проливъ съ сѣвера изъ Охотскаго м. Третья кривая изображаетъ колебанія уровня въ портѣ Тоунсендъ, находящемся при входѣ изъ пр. Жуанъ де-Фука въ узкій и длинный зал. Адмиралтейства, гдѣ лежитъ гор. Сиэтль (штатъ Уошингтонъ). Четвертая и пятая кривыя представляютъ образцы приливовъ по серединѣ океана. Одна относится къ порту Гонолулу на Гавайскихъ о-вахъ по серединѣ

Приливы на берегахъ и островахъ Тихаго океана.

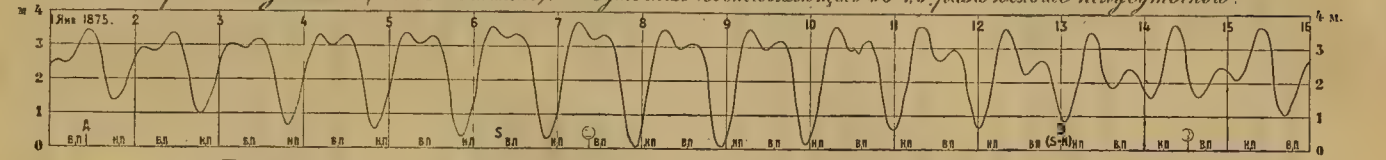
О-въ Лангръ (Татарск. прол. у входа въ Охотск. м.). — Суточная составляющая въ 2,2 раза больше полусуточной.



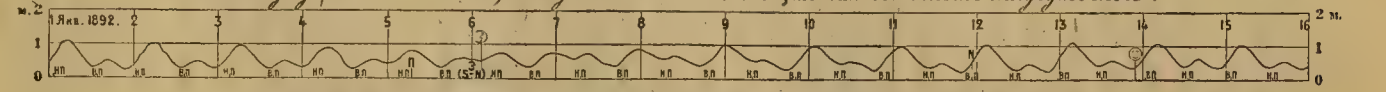
Де Кастри (Тат. пр., южные устья р. Амура). — Суточная составляющая = 1:7 полусуточной.



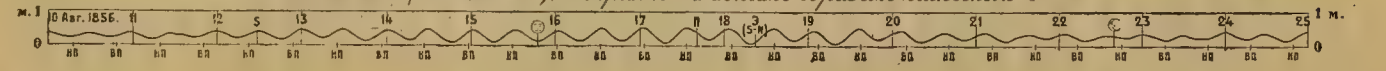
Портъ Тоунсендъ (Шт. Вашингтонъ). — Суточная составляющая въ 1,5 раза больше полусуточной.



Гонолулу (Гавайские о-ва). — Суточная составляющая немного больше полусуточной.



Папете (О-въ Таити). — Приливъ главнымъ образомъ солнечный.



Фиг. 136. Кривыя колебанія уровня при приливѣ: на о-вѣ Лангръ, въ Де Кастри, портѣ Тоунсендъ, о-вахъ Гонолулу и Таити (Папете).

сѣвернаго Тихаго ок., а другая къ порту Папете на о-вѣ Таити, по серединѣ его южной части.

На о-вѣ Лангръ, какъ хорошо видно на кривой, приливъ неправильный, суточная составляющая въ 2,2 раза больше полусуточной, и потому при большомъ склоненіи Луны бываетъ только одна полная и малая вода въ сутки. Полная вода продолжается мало времени, а малая очень долго, отъ 6 и до 12 ч. времени. При маломъ склоненіи Луны приливъ полусуточнаго характера, но съ большою разностью по высотѣ между двумя послѣдовательными полными водами. Амплитуды, когда господствуетъ полусуточный приливъ, около 0,6 м. (2 ф.), а при большомъ склоненіи, когда приливъ односуточный, амплитуды доходятъ до 2,1 м. (7 ф.). Пунктирная кривая соотвѣтствуетъ приливу, предсказанному гармоническимъ анализомъ; она совпадаетъ довольно хорошо съ наблюденною кривою, хотя неправильность прилива велика, и число наблюденій, послужившихъ для вычисленія гармоническихъ постоянныхъ (4 мѣсяца, въ два разныхъ года по два) *), было недостаточно.

Фиг. 137. Карта Татарскаго пролива.

Въ заливѣ Де-Кастри, находящемся всего въ 190—200 кил. къ югу отъ о-ва Лангръ (положеніе этихъ двухъ мѣстъ хорошо видно на карточкѣ фиг. 137), приливъ совершенно правильный (суточная составляющая всего 0,2 полусуточной); приливъ и отливъ продолжаются одинаковое время, суточнаго неравенства совершенно незамѣтно ни по высотѣ, ни по времени. Возрастъ прилива 43 ч. Сизигійная амплитуда 2,1 м. (6,8 ф.). Обработка прилива по способу гармоническаго анализа произведена по наблюденіямъ за три полныхъ мѣсяца, что̀ оказалось достаточнымъ для предсказанія прилива съ необходимою точностью, и

*) Кривая была вычислена по восьми главнымъ постояннымъ прилива.

дѣйствительно пунктирная кривая предсказаннаго колебанія уровня близко совпадаетъ съ наблюденною кривою.

Въ бухтѣ Нагаева, находящейся на сѣверномъ берегу Охотскаго м. при входѣ въ зал. Гижигинскій, приливъ имѣетъ значительную суточную составляющую. Повидимому, и въ другихъ мѣстахъ по берегу Охотскаго м. приливы также неправильные.

На американскомъ берегу Тихаго ок. приливы вообще отличаются неправильностью; для примѣра приведена кривая порта Тоунсендъ, гдѣ приливъ имѣетъ большую суточную составляющую (она превосходитъ полусуточную почти въ 1,5 раза), что особенно замѣтно при большомъ склоненіи Луны, при чемъ суточное неравенство по высотѣ главнымъ образомъ отражается въ малой водѣ, одна изъ которыхъ почти пропадаетъ. Разница въ высотахъ полныхъ водъ не такъ значительна, она больше, когда Луна на экваторѣ. Суточное неравенство во времени больше всего для полныхъ водъ, когда склоненіе велико (моменты полныхъ водъ сближены, а малыхъ раздвинуты). Сизигійная амплитуда 3,3 м. (11 ф.).

На томъ же чертежѣ даны еще двѣ кривыя приливовъ на о-хъ Гавайскихъ и Таити, поднимающихся съ большихъ глубинъ посреди Тихаго ок.

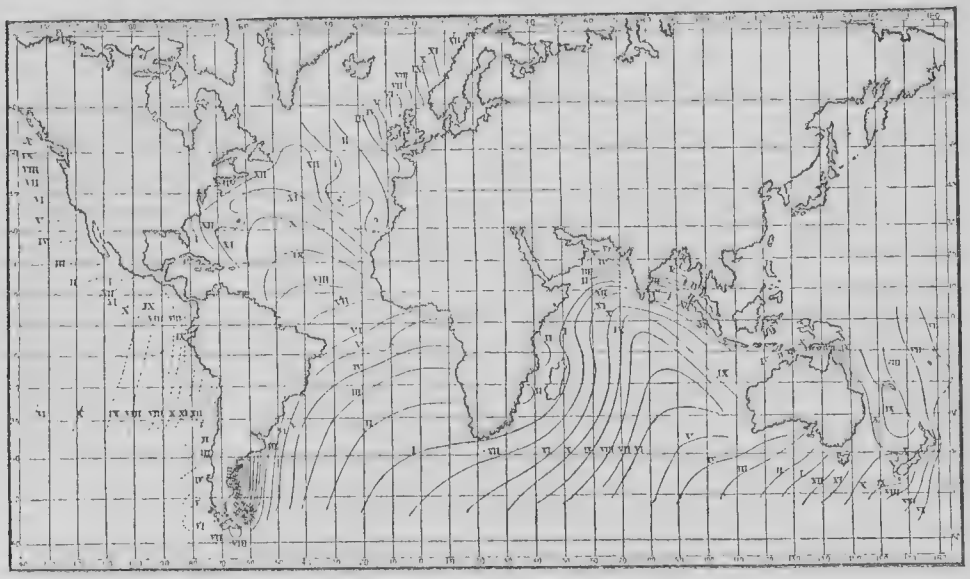
Въ Гонолулу (Гаван) приливъ полусуточный, но съ большою суточною составляющею (она немного болѣе полусуточной), которая по высотѣ главнымъ образомъ замѣтна въ полныхъ водахъ (обратно тому, какъ въ Тоунсендѣ).

Въ Папете (Таити) приливъ совершенно правильный, особенно въ сизигіи, но главнымъ образомъ солнечный, потому что полныя воды болѣе слѣдуютъ за прохожденіями Солнца черезъ меридіанъ, нежели Луны.

Амплитуды на этихъ двухъ островахъ не велики, въ Гонолулу около 0,6 м. (2 ф.), въ Папете еще меньше, около 0,3 м. (1 ф.).

Кривыя приливовъ для 15 мѣстъ, приведенныя въ курсѣ съ ихъ описаніемъ, охватываютъ всѣ главные случаи приливовъ; разнообразіе сочетаній, конечно, можетъ быть очень велико, но всѣ главные типы указаны здѣсь, и такимъ образомъ сдѣланный обзоръ дастъ полное понятіе о характерѣ явленія приливовъ въ природѣ.

Распространеніе приливовъ по океану, котидальныя линіи. Чрезвычайная сложность явленія приливовъ въ океанѣ, какъ неоднократно указывалось, не позволяетъ представить общую картину распространенія прилива по океану помощью какого-либо уравненія, т.-е. рѣшить



Фиг. 138. Котидальныя линіи Уевеля.

задачу теоретически. Поэтому остается попробовать рѣшить ее приближенно на основаніи имѣющихся наблюденій. Первая подобная попытка была сдѣлана въ серединѣ XIX ст. Уевелемъ; онъ собралъ всѣ имѣвшіяся тогда немногочисленныя наблюденія приливовъ и опредѣлилъ для каждаго мѣста время полной воды въ сизигіи по Гринвичскому меридіану и черезъ мѣста, гдѣ эти времена были одинаковы, провелъ согласныя кривыя, назвавъ ихъ котидальными линіями. Каждая такая линія проходила по тѣмъ мѣстамъ океана, гдѣ въ одинъ и тотъ же моментъ была полная вода, т.-е. котидальная линія обозначала собою гребень приливной волны. На чертежѣ (фиг. 138), копіи съ карты Уевеля, латинскія цифры у котидальныхъ линій даютъ моменты полной воды по Гринвичскому времени, а разстоянія между котидальными линіями показываютъ пространство, проходимое полусуточною приливною волною въ одинъ часъ.

Свѣдѣнія, на основаніи коихъ построены эти линіи, были недостаточны; еще у береговъ Европы и Соединенныхъ Штатовъ имѣлись наблюденія, но далѣе на югъ и по берегамъ другихъ океановъ ихъ было очень мало, а по серединѣ океана и совсѣмъ ихъ не было. Поэтому котидальныя линіи Уевеля есть только попытка показать распространеніе прилива въ океанѣ, не дающая вовсе дѣйствительной картины явленія.

Новѣйшая попытка изобразить столь сложное явленіе, какъ распредѣленіе и распространеніе приливовъ въ океанѣ, была сдѣлана американскимъ ученымъ Р. Гаррисомъ. Онъ разсматриваетъ явленіе прилива въ океанѣ, какъ результатъ ряда колебаній стоячихъ волнъ (сейшей), возбуждаемыхъ приливообразующими силами Луны и Солнца. На фиг. 139 изображены котидальныя линіи Гарриса, которыя пока не получили признанія всѣхъ авторитетовъ по изученію приливовъ.

На основаніи существующихъ наблюденій приливовъ для 700 мѣстъ Гаррисъ раздѣлилъ океаны воображаемыми линіями на рядъ отсѣковъ такой формы, чтобы *стоячія волны*, могущія быть возбужденными въ каждомъ отсѣкѣ, имѣли бы періодъ колебаній одинаковый съ тѣмъ, какой обнаруживаютъ тамъ дѣйствительныя наблюденія приливовъ. Принимая затѣмъ во вниманіе, что подобныя стоячія колебанія могутъ одновременно происходить въ томъ же отсѣкѣ и по разнымъ направленіямъ, сообразно разнымъ направленіямъ приливообразующихъ силъ ихъ возбуждающихъ, эти колебанія поверхности въ данныхъ отсѣкахъ должны пересѣкаться по двумъ направленіямъ. Каждое такое простое колебаніе, взятое отдѣльно, будетъ имѣть свою узловую линію (см. стр. 281), около которой оно и происходитъ; при существованіи же одновременно другого подобнаго простого колебанія, но по иному направленію, узловая линія второго будетъ расположена подъ угломъ къ первой, и такимъ образомъ при существованіи въ избранномъ отсѣкѣ океана одновременно двухъ простыхъ колебаній, только въ точкѣ пересѣченія ихъ узловыхъ линій поверхность воды будетъ оставаться въ покоѣ *). При двухъ такихъ колебаніяхъ, черезъ точку пересѣченія ихъ узловыхъ линій можно всегда провести линію, вдоль которой пересѣкаются поверхности обоихъ простыхъ колебаній; очевидно, вдоль этой линіи во всякій моментъ и будетъ находиться наиболѣе высокое положеніе уровня, т.-е. полная вода въ избранномъ отсѣкѣ океана. Такъ какъ каждое изъ двухъ простыхъ стоячихъ колебаній уровня продолжается непрерывно, то только-что указанная линія, соединяющая мѣста полныхъ водъ, т.-е. котидальная линія, также непрерывно будетъ вращаться вокругъ точки пересѣченія узловыхъ линій обоихъ простыхъ стоячихъ колебаній, гдѣ, какъ мы видѣли, уровень не мѣняется. Значитъ, въ разсматриваемомъ случаѣ котидальныя линіи въ теченіе полусутокъ будутъ совершать оборотъ около точки пересѣченія узловыхъ линій, гдѣ уровень не будетъ мѣняться. Такая точка Гаррисомъ названа амфидромическою точкою **).

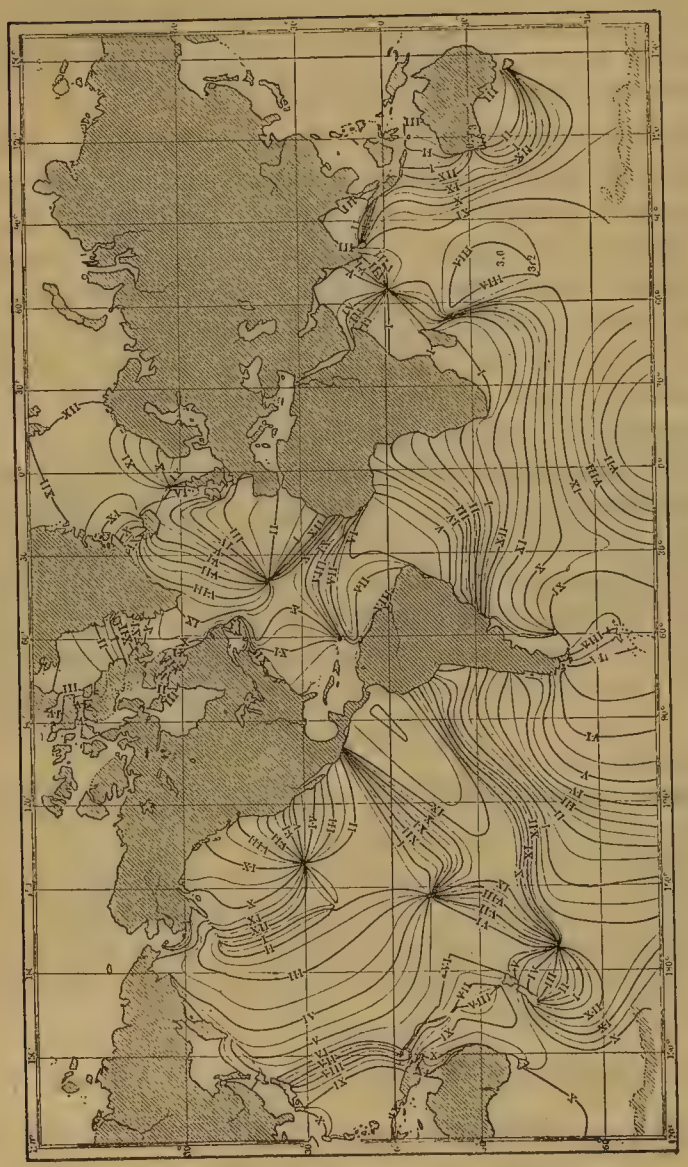
На слѣдующей картѣ (фиг. 139) представлена система котидальныхъ линій, построенныхъ Гаррисомъ. Мѣста, изъ которыхъ исходятъ пучки котидальныхъ линій, и есть амфидромическія точки. Римскія цифры на линіяхъ соотвѣтствуютъ по Гринвичскому времени моменту полной воды.

Гипотеза Гарриса еще требуетъ изученія и подтвержденія. На обширныхъ пространствахъ открытаго океана, гдѣ на картѣ у него проведенъ рядъ котидальныхъ линій, не имѣется ни одного наблюденія прилива. Поэтому и котидальныя линіи Гарриса пока представляютъ интересную попытку, которая, можетъ-быть, поможетъ рѣшенію вопроса, какъ распространяется приливъ по океану; для движенія впередъ этой задачи необходимы новыя и новыя наблюденія приливовъ.

---

*) При одномъ простомъ колебаніи вдоль всей узловой линіи его уровень остается неподвижнымъ.

**) Т.-е. точкою, гдѣ нѣтъ ни прилива, ни отлива.



Фиг. 139. Котидальныя линіи Р. Гарриса.

Попытка провѣрить гипотезу Гарриса была сдѣлана въ Нѣмецкомъ м. къ сѣверу отъ Па-де-Кале, гдѣ по картѣ Гарриса находится одна изъ амфидромическихъ точекъ. При помощи самопишущаго приливомѣра Фаве (опускаемаго на дно) въ этомъ мѣстѣ, гдѣ глубина не велика (около 30 м.), были произведены суточныя наблюденія, и оказалось, что приливъ тутъ существуетъ со всѣми особенностями приливовъ у береговъ Голландіи, но только съ малою амплитудою—около 60 сант. Одного наблюденія, конечно, еще недостаточно ни для подтвержденія, ни для опроверженія гипотезы Гарриса.

Единственный опредѣленный результатъ, къ которому въ настоящее время пришли въ вопросѣ о распространеніи приливовъ въ океанѣ, есть отрицаніе взгляда, возникшаго при Уевелѣ и существовавшаго до конца XIX ст., а именно, что приливъ образуется главнымъ образомъ въ южной полосѣ Мірового океана, гдѣ послѣдній охватываетъ всю землю, и уже оттуда онъ распространяется по всѣмъ остальнымъ частямъ океана. При этомъ предполагалось, что приливная волна, двигаясь поступательно съ юга на сѣверъ, только черезъ 36 ч. достигала Европы, чѣмъ и объясняли существованіе возраста прилива.

Согласно современному взгляду, приливъ образуется въ каждой части океана самостоятельно, и только у береговъ, на материковой отмели, можно ожидать дѣйствительно поступательнаго движенія прилива, что и выражается въ котидальныхъ линіяхъ, которыя въ этихъ мѣстахъ бываютъ параллельны главному очертанію береговой линіи.

Возможность самостоятельнаго возникновенія прилива въ каждомъ океанѣ или въ каждой части океана подтверждается существованіемъ приливовъ не только во внутреннихъ моряхъ, но и въ озерахъ (напр., Верхнее, Мичиганъ).

Амплитуды приливовъ въ разныхъ мѣстахъ океановъ. — Теоретически амплитуды приливовъ не должны были бы въ сизигіи превосходить 0,8 м. (31 д.). И дѣйствительно на островахъ, расположенныхъ посреди океана и отличающихся большою приглубостью и малыми горизонтальными размѣрами, амплитуды сизигійныхъ приливовъ близки къ этой величинѣ и если и превосходятъ ее, то обыкновенно не болѣе, чѣмъ въ два раза.

Сизигійныя амплитуды на океаническихъ островахъ.

Атлантическій ок.	Индійскій ок.	Сѣв. Тихій ок.	Южн. Тихій ок.
Тристанъ д'Акунья . . — 1,5 м.	Бурбонъ (С.Піеръ) — 1,6 м.	Маріанскіе (Гуамъ) . — 0,8 м.	Низменные — 0,6 м.
Св. Елена . . — 0,8 „	Маврикія (С. Луи). — 0,5 „	Каролинскіе (Уланъ) — 1,1 „	Маркизскіе — 0,9 „
Вознесенія . . — 0,6 „			Товарищества . . — 0,3 „

Зеленаго мыса . — 0,9—1,5 м.	Родригецъ . — 1,7 м.	Маршальскіе . . — 1,3 м.	Феникъ . — 1,4 м.
Канарскіе — 2,4—2,7 „	Сешельскіе — 1,2 „	Джильберта — 1,5 „	Самоа (Апіа) — 1,0 „
Мадера . — 1,8—2,1 „	Килингъ . — 1,5 „	Фанингъ . — 0,7 „	Тонга . . — 1,0 „
Азорскіе . — 1,2—1,8 „	Амстердамъ . . — 0,9 „	Гавайскіе (Гонолулу) . . . — 0,5 „	Фиджи . . — 1,0 „
Фарерскіе — 1,2—2,7 „	Св. Павла . — 0,9 „		Ауклэндъ . — 0,9 „
	Кергеленъ . — 1,4 „		Антиподъ . — 1,5 „
			Новая Каледонія . — 1,0 „

Различія въ амплитудахъ, какія встрѣчаются, какъ видно изъ таблицы, и на океаническихъ островахъ, объясняются вліяніемъ мѣстныхъ причинъ, нерѣдко, какъ выше уже нѣсколько разъ указывалось, во много разъ превышающихъ приливообразующія силы Луны и Солнца.

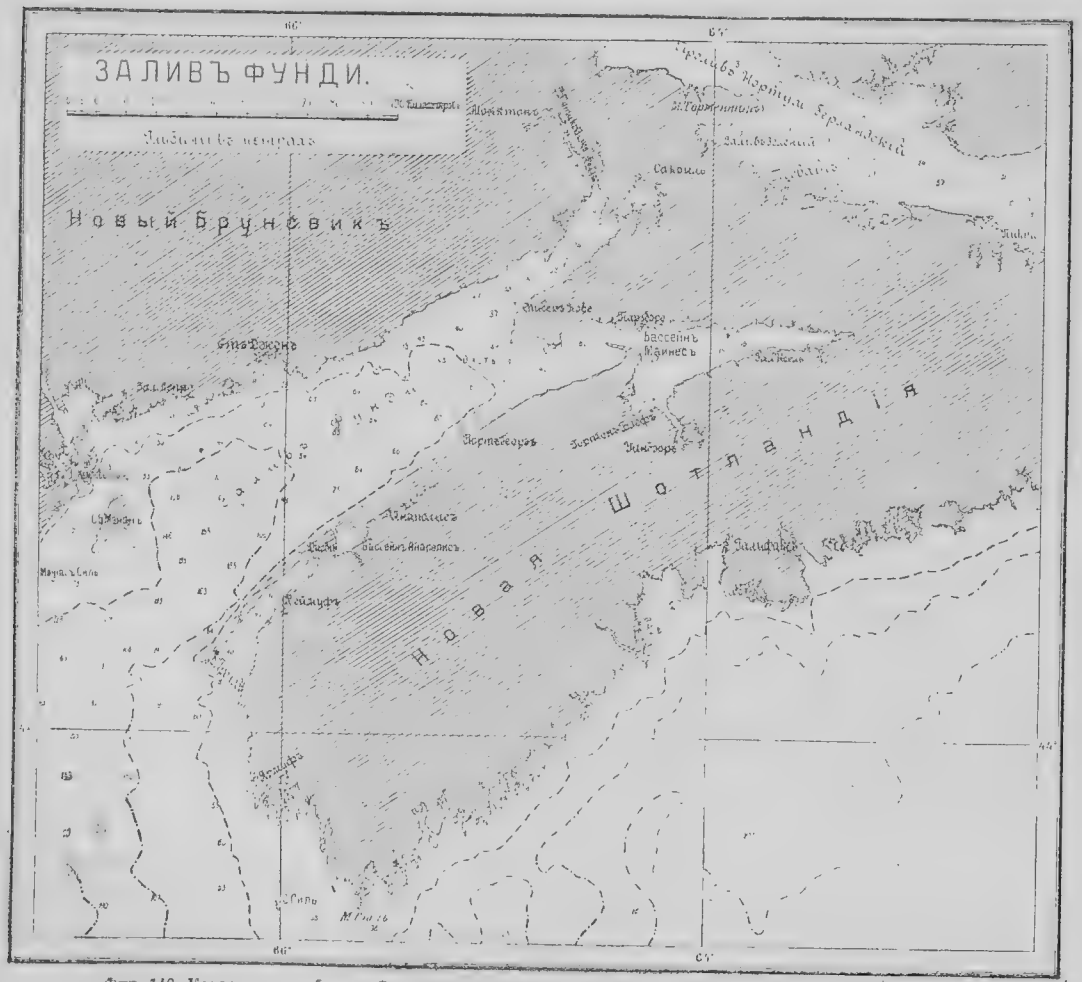
По мѣрѣ приближенія къ материкамъ убываютъ глубины, рельефъ дна становится разнообразнѣе, и самыя очертанія береговъ оказываютъ свое вліяніе, все это вмѣстѣ вноситъ большія измѣненія въ тотъ характеръ явленія, какой оно имѣло посреди океана. Эти видоизмѣненія прилива у береговъ очень разнообразны, и часто въ мѣстахъ, лежащихъ поблизости другъ къ другу, характеръ приливовъ совершенно разный, какъ уже было указано выше (см. кривыя прилива въ Де-Кастри и на о-вѣ Лангръ, стр. 364). Точно также и амплитуды приливовъ находятся въ огромной зависимости отъ мѣстныхъ условій. По большей части у береговъ материковъ, особенно выдающихся въ море мысовъ, и тамъ, гдѣ береговая черта не дѣлаетъ большихъ изгибовъ внутрь материка и гдѣ рельефъ дна имѣетъ ровный характеръ, амплитуды приливовъ не превышаютъ 1,5—2,0 м. (5—7 ф.). Изъ имѣющихся въ настоящее время наблюденій для болѣе чѣмъ 3.000 мѣстъ на берегахъ океановъ такія и еще меньшія амплитуды встрѣчаются по крайней мѣрѣ въ 2.000 мѣстахъ.

Амплитуды болѣе 3 м. (10 ф.) встрѣчаются уже гораздо рѣже, а мѣстъ, гдѣ амплитуды болѣе 6 м. (20 ф.), сравнительно немного, и они всѣ расположены или въ проливахъ, или въ вершинѣ заливовъ, или въ устьяхъ рѣкъ, т.-е. въ различнаго рода *узкостяхъ*, гдѣ, чѣмъ дальше отъ открытаго моря, тѣмъ мельче, и тѣмъ линіи береговъ ближе другъ къ другу.

Вліяніе такого сочетанія обстоятельствъ должно поднимать уровень полной воды все выше и выше по мѣрѣ перехода прилива въ верхнюю часть залива или въ наиболѣе узкую часть пролива, потому что поблизости береговъ приливъ получаетъ характеръ волны, распространеніе коей зависитъ всегда отъ глубины и ширины того воднаго простран-

ства, по которому она идетъ (см. стр. 264—265, вліяніе глубины и ширины залива на высоту волны).

Атлантическій океанъ.—Наиболѣе значительныя амплитуды встрѣчаются въ Атлантическомъ ок. Если прослѣдить явленіе приливовъ вдоль американскаго берега, начиная съ сѣвера, то замѣтимъ, что большія амплитуды наблюдаются въ разныхъ мѣстахъ по берегамъ *Гудзонова* пролива, до 7—9 м. (25—38 ф.). Затѣмъ особенно замѣчательные приливы наблюдаются въ заливѣ *Фунди,* расположенномъ между полуостровомъ Новая Шотландія и материкомъ.



Фиг. 110. Карта залива Фунди. Восточный берегъ Канады. Линіи равныхъ глубинъ проведены для: 200, 100 и 50 метровъ.

На прилагаемой картѣ (фиг. 140) видно, какое причудливое очертаніе имѣетъ заливъ Фунди, особенно въ верхней части его, гдѣ онъ развѣтвляется на двѣ бухты, именно тамъ-то приливы и отличаются особенно большими амплитудами. На той же картѣ видно, какъ постепенно уменьшается глубина вверхъ по заливу, при чемъ вдоль средней линіи залива глубина все время больше, нежели у береговъ; такимъ образомъ дно залива представляетъ какъ бы наклонную плоскость, поднимающуюся вверхъ по заливу. Какое вліяніе оказываетъ такое строеніе береговъ и рельефа дна на явленіе прилива, видно на маленькой карточкѣ (фиг. 141), гдѣ проведены линіи равныхъ амплитудъ, и пространства между ними заштрихованы тѣмъ сильнѣе, чѣмъ амплитуды больше. Изгибы линій равныхъ амплитудъ посреди̇нѣ залива къ его верховью соотвѣтствуютъ бо̀льшимъ глубинамъ, а увеличеніе амплитудъ вверхъ по заливу соотвѣтствуетъ общему поднятію дна.

Фиг. 141. Амплитуды приливовъ въ зал. Фунди. Цифры на линіяхъ амплитудъ есть ихъ величины въ метрахъ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ помѣщены сизигійныя амплитуды, наблюдаемыя въ заливѣ Фунди, начиная отъ входа въ заливъ изъ океана. Въ правомъ столбцѣ—мѣстности по восточному берегу, въ лѣвомъ—по западному. Затѣмъ, внизу таблицы, приведены амплитуды прилива для нѣсколькихъ мѣстъ по другую сторону перешейка, замыкающаго заливъ Фунди съ сѣвера. Какъ видно, амплитуды тамъ невелики, а между тѣмъ географически этотъ берегъ расположенъ очень близко отъ залива Фунди.

Амплитуды сизигійныхъ приливовъ въ заливѣ Фунди.

Западный берегъ			Восточный берегъ		
ВХОДЪ ВЪ ЗАЛИВЪ ИЗЪ ОКЕАНА.					
	метры.	футы.		метры.	футы.
О-въ Мэчіасъ Силь . . .	5,5	18	Мысъ Сэбль	3,4	11
„ Кампобелло	7,2	23,5	О-въ Силь	3,9	12,8
Заливъ Лепрò	7,5	24,5	Портъ-Ярмуфъ	4,9	16
Портъ С-тъ Джонъ . . .	7,2	23,5	Большой проходъ пр. . .	6,3	20,8

	метры.	футы.
Портъ Квако	9,1	30
Списсрь Ковс	11,3	37
Саквиль	13,7	45
Фолли Пойнтъ	13,7	45
Монктонъ	14,3	47
Рѣка Петикодіакъ	- -	- -

		метры.	футы.
Портъ Веймуфъ		7,3	24
Гавань Дигби		8,4	27,5
Аннаполисъ		8,7	28,7
Портъ Георгъ		9,8	32
О-въ Хотъ		10.1	33
Портъ Парзборо . .	Бассейнъ Минасъ.	13.1	43
Гортонъ Блёфъ . .		14,6	48
Заливъ Носль . .		15,4	50,5

ВЕРХОВЬЕ ЗАЛИВА.

По сѣверную сторону перешейка въ заливѣ Св. Лаврентія.

	метры.	футы.
Мысъ Терментинъ . . .	1,2	4
Заливъ Зеленый	2,7	9

	метры.	футы.
Портъ Шутвашъ	1,6	5,4
„ Пикту	1,2	4

Просмотрѣвъ амплитуды въ таблицѣ, ясно видно, что, по мѣрѣ подпятія вверхъ по заливу, съ уменьшеніемъ глубины и ширины, ампли-

Фиг. 142-а. Монктонъ. Полная вода.

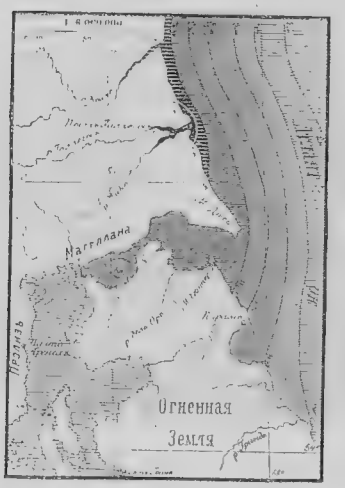
Фиг. 112-б. Монктонъ. Малая вода.

туды сильно увеличиваются, отъ 3,4 и 5,5 м. у входа до 11 м. (Списсеръ Кове) и 10 м. (о-въ Хотъ). Но самыя большія амплитуды случаются въ глубинѣ двухъ развѣтвленій залива, въ бассейнѣ Майнесъ, гдѣ опять-таки въ верховьяхъ заливчиковъ и устьяхъ рѣкъ наблюдаются особенно большія амплитуды, наибольшая въ заливѣ Ноель—15,4 м. (50,5 ф.), иногда она доходитъ до **16,2** м. (**53** ф.), это и есть самая большая амплитуда прилива на земномъ шарѣ *). По восточному берегу залива наибольшія амплитуды встрѣчаются тоже въ верховьяхъ отдѣльныхъ заливовъ, въ Саквилѣ — 14 м., въ р. Петикодіэкъ у Фолли Нойнтъ—14 м. и еще выше вверхъ по рѣкѣ, въ Монктонѣ — 14,3 м. (47 ф.). Насколько такое громадное колебаніе уровня измѣняетъ общій видъ мѣстности можно судить по слѣдующимъ двумъ фотографіямъ, сня-

*) Въ очень многихъ руководствахъ эта амплитуда сильно преувеличена и считается доходящею до 65—70 ф., чего въ дѣйствительности не бываетъ. Эта ошибка переходитъ изъ одного руководства въ другое.

тымъ съ той же точки и изображающимъ пристань въ Монктонѣ въ полную и малую воду (фиг. 142-а и б, стр. 374—375).

Явленіе прилива въ зал. Фунди своими чрезвычайными размѣрами несомнѣнно обязано только мѣстнымъ условіямъ, что̀ прекрасно подтверждается величинами амплитудъ по сѣверную сторону перешейка, отдѣляющаго зал. Фунди отъ зал. Св. Лаврентія. Въ помѣщенной выше таблицѣ видно, что тамъ амплитуды почти такія же, какъ и на островахъ посрединѣ океана.

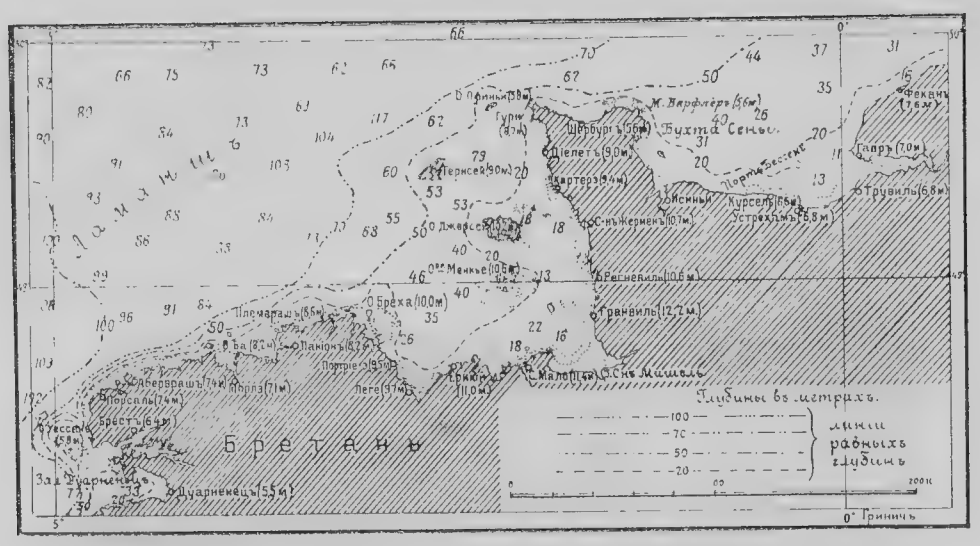


Фиг. 143. Амплитуды приливовъ у береговъ Патагоніи.

Къ югу отъ зал. Фунди вдоль береговъ обѣихъ Америкъ амплитуды вездѣ не велики, до Патагоніи, гдѣ въ зал. *Св. Матвѣя* и *Св. Георгія* снова встрѣчаются большія амплитуды до 9—12 м. (30—40 ф.), а въ портѣ *Галегосъ* (въ устьѣ р. Галегосъ) амплитуды доходятъ до очень значительной величины 14 м. (46 ф.). На приложенной картѣ (фиг. 143) проведены линіи равныхъ амплитудъ, при чемъ видно, что и здѣсь наибольшія величины ихъ бываютъ въ верховьяхъ заливовъ, устьяхъ рѣкъ и т. п. узкостяхъ.

Немного южнѣе порта Галегосъ, при входѣ въ пр. *Магеллана,* амплитуды опять возрастаютъ; у входныхъ мысовъ онѣ уже 11,8 м. (38,7 ф.) и далѣе въ первой же узкости въ проливѣ 11,9 м. (39 ф.), тамъ же, гдѣ проливъ расширяется, и амплитуды убываютъ значительно, какъ это видно и на картѣ (фиг. 143).

На восточномъ берегу Атлантическаго ок., начиная отъ м. Доброй Надежды къ сѣверу, амплитуды вездѣ малыя до береговъ Испаніи, откуда онѣ начинаютъ увеличиваться до входа въ Ламаншъ (до о-ва Уессанъ, см. карту, фиг. 144). Въ Ламаншѣ амплитуды приливовъ очень велики, особенно вдоль французскаго берега, гдѣ въ заливѣ между Бретанью и Нормандіей онѣ достигаютъ до 11—12 м., что̀ объясняется двумя причинами: постепеннымъ уменьшеніемъ глубины и сближеніемъ береговъ, какъ это и видно на картѣ (фиг. 144), гдѣ проведены линіи равныхъ глубинъ, а подъ названіями мѣстностей, въ скобкахъ, указаны амплитуды приливовъ въ метрахъ.



Фиг. 144. Карта глубинъ и амплитудъ приливовъ у французскаго берега Ламанша.

У о-ва Уессанъ, при входѣ въ Ламаншъ изъ океана, амплитуда 5,8 м. (19 ф.); далѣе къ востоку она увеличивается и въ самомъ углу, между Бретанью и Нормандіей, достигаетъ въ Сенъ-Мало—11,4 м. (36 ф.), а въ Гранвилѣ—**12,2** м. (39,5 ф.). Здѣсь портъ въ малую воду совершенно обсыхаетъ, какъ это видно на двухъ приложенныхъ фотографіяхъ, снятыхъ почти съ той же самой точки въ полную и малую воду (фиг. 145-а и б, стр. 378). Въ полную воду суда порядочной величины ходятъ по рейду, въ малую же на рейдѣ видны обсохшія рыбачьи суда, а направо, въ глубинѣ, видны ворота бассейна порта, закрытыя для удержанія воды внутри его. На двухъ другихъ фотографіяхъ (фиг. 146-а и б, стр. 379) изображена часть крутого берега около того же Гранвиля въ полную и малую воду; на нихъ еще болѣе наглядно видно, какое значительное колебаніе имѣетъ уровень моря въ этомъ мѣстѣ.

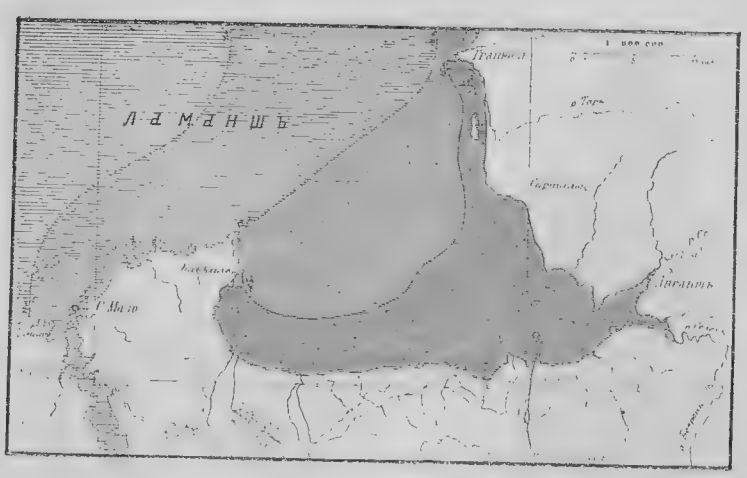
Возвращаясь снова къ картѣ (фиг. 144) Ламанша, интересно отмѣтить, какъ амплитуда прилива отъ о-ва Брехà до Діелетъ на сѣверѣ Нормандіи парастаетъ съ углубленіемъ внутрь залива, гдѣ она вездѣ 9—10 м., даже и на всѣхъ островахъ (Джерсей, Гернсей и др.). Это хорошо видно на другой картѣ (фиг. 147, стр. 380), гдѣ проведены линіи равныхъ амплитудъ, и пространства между ними заштрихованы тѣмъ темнѣе, чѣмъ амплитуды больше.

Далѣе къ востоку въ Шербургѣ и на м. Барфлёръ амплитуда почти

Фиг. 145-а. Гранвиль, Полная вода.

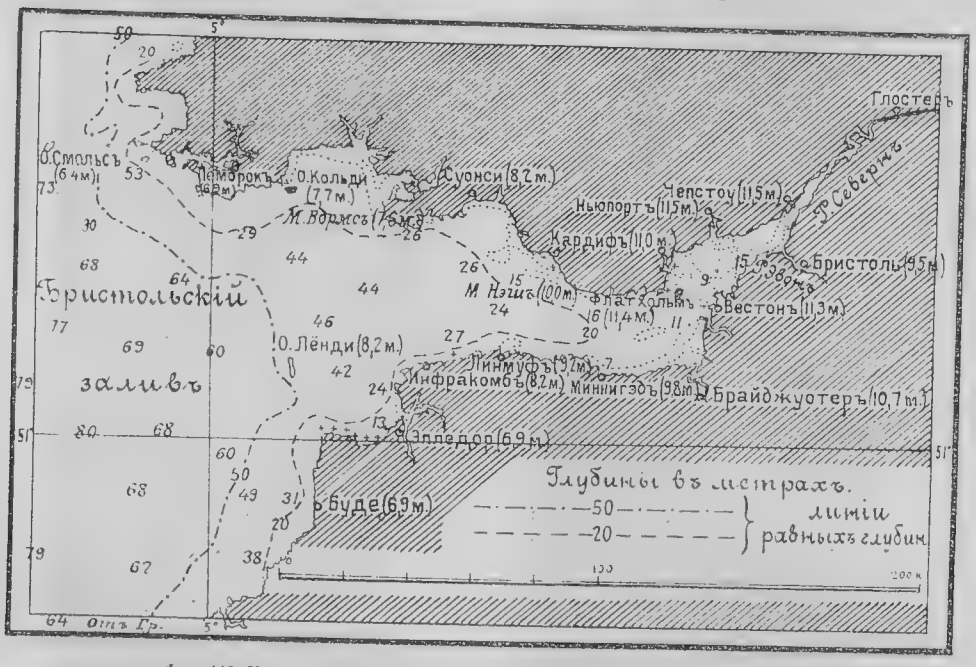
Фиг. 145-б. Гранвиль. Малая вода.

Фиг. 146-а и 146-б. Берегъ у Гранвиля въ полную и малую воду.



Фиг. 117. Амплитуды приливовъ у французскаго берега Ламанша.

въ два раза меньше, потому что тутъ направленіе берега параллельно распространенію прилива. Еще восточнѣе, въ бухтѣ Сены, амплитуды снова увеличиваются по мѣрѣ приближенія къ Гавру, гдѣ берегъ болѣе перпендикуляренъ къ направленію распространенія прилива.



Фиг. 118. Карта глубинъ и амплитудъ приливовъ Бристольскаго залива.

Другая область въ Европѣ, гдѣ амплитуды прилива достигаютъ очень большой величины, лежитъ у юго-западныхъ береговъ Англіи въ *Бристольскомъ зал.*, имѣющемъ, какъ видно на картѣ (фиг. 148), форму треугольника, въ вершину котораго впадаетъ р. Севернъ, образующая широкое, воронкообразное устье. Въ слѣдующей таблицѣ помѣщены амплитуды вдоль обоихъ береговъ залива, начиная отъ входа изъ океана, а на картѣ показаны глубины и обозначены всѣ мѣстности, помѣщенныя въ таблицѣ; подъ названіями на картѣ даны величины амплитудъ.

Амплитуды сизигійныхъ приливовъ въ Бристольскомъ заливѣ.

Сѣверный берегъ			Южный берегъ		
ВХОДЪ ИЗЪ ОКЕАНА.					
	метры.	футы.		метры.	футы.
О-въ Смольсъ	6,4	21	Буде	6,9	22,6
Немброкъ	6,9	22,6	О-въ Лёнди	8,2	26,9
О-въ Кольди	7,7	25,3	Эпледоръ	6,9	22,6
Мысъ Вормсъ	7,6	25	Инфракомбъ	8,2	27
Суонси	8,2	27	Линмуфъ	9,2	30,4
Мысъ Нэшъ	10,0	32,8	Минигэдъ	9,8	32,2
Кардифъ	11,0	36,2	Брайджуотеръ баръ . . .	10,7	35
Ньюпортъ	11,5	37,7	О-въ Флатхольмъ	11,4	37,6
Чепстоу	11,5	37,8	Вестонъ	11,3	37
			Бристоль	9,5	31,3
Рѣка Севернъ.					

Достаточно одного взгляда на эту таблицу и на карту, чтобы замѣтить, какъ увеличиваются амплитуды съ уменьшеніемъ глубины и сближеніемъ береговъ залива.

Для еще большей наглядности на маленькой карточкѣ (фиг. 149, стр. 382), проведены линіи равныхъ амплитудъ, и пространства между ними заштрихованы тѣмъ сильнѣе, чѣмъ амплитуды больше.

Вообще берега Англіи, а отчасти и Шотландіи, обладаютъ большими амплитудами, напримѣръ, въ устьѣ р. Темзы, въ Лондонѣ у Лондонскаго моста—6,3 м. (20,8 ф.); Гастингсъ на сѣверномъ берегу Ламанша—7,2 м. (23,8 ф.), Ливерпуль въ устьѣ р. Мерсей—8,1 м. (26,7 ф.)

На южномъ берегу *Нѣмецкаго* м. у береговъ Бельгіи и Голландіи амплитуды приливовъ меньше (Остенде 4,9 м.—16,1 ф.; Флиссингенъ 4,5 м.—14,8 ф.).

Фиг. 149. Амплитуды приливовъ въ Бристольскомъ заливѣ.

У сѣверныхъ береговъ Европы самыя большія амплитуды на *Мурманѣ* и въ *Горлѣ Бѣлаго* м., о нихъ будетъ сказано далѣе, въ отдѣлѣ о приливахъ у береговъ Россіи.

Тихій океанъ. — Въ Тихомъ ок., начиная съ юга, вдоль Америки, болѣе значительныя амплитуды встрѣчаются только въ *Чилійскомъ* архипелагѣ, въ *Панамскомъ* и *Калифорнскомъ* заливахъ (устье р. Колорадо 9,6 м.—31,5 ф.) и въ узкихъ проливахъ между материкомъ и о-ми, окаймляющими берега Канады (до 6 м.—20 ф.), а также у начала пол-ва Аляска, гдѣ въ зал. *Кука* амплитуды доходятъ до 8,7 м. (28,6 ф.).

По берегамъ Азіи приливы велики въ *Охотскомъ* м., въ верховьѣ Гижигинской губы до 11 м. (36 ф.); у береговъ *Кореи,* гдѣ въ Чемульпо 8,8 м. (28.8 ф.); въ *Китаѣ* въ Фучау 7 м. (23 ф.).

Индійскій океанъ.—Въ Индійскомъ ок. большія амплитуды встрѣчаются у сѣверныхъ береговъ *Австраліи* въ заливахъ Колліеръ 10,4 м. (34,3 ф.), Кэмбриджъ 6,9 м. (22,7 ф.); Кей 7 м. (23 ф.). Въ *Бенгальскомъ* зал. въ нѣкоторыхъ мѣстахъ тоже наблюдаются довольно большія амплитуды (5,8 м. 19 ф.); въ *Аравійскомъ* м. по берегамъ Индіи, къ сѣверу отъ Бомбея, въ зал. Гамбэй (Бавнагаръ портъ 9,1 м.—29,8 ф.) и въ зал. Кѣчъ (5,1 м.—16,8 ф.).

Сдѣланный выше обзоръ показываетъ, что въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. наблюдаются, какъ выше указано, и наиболѣе правильные приливы, и тамъ же встрѣчаются и самыя большія амплитуды.

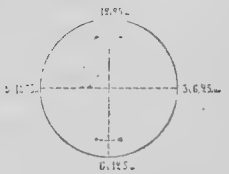
Изъ того же обзора видно, что всѣ мѣстности, гдѣ наблюдаются большія амплитуды, непремѣнно лежатъ въ какихъ-либо узкостяхъ, и нѣтъ ни одного пункта въ океанѣ вдали отъ береговъ, гдѣ бы приливы имѣли значительныя амплитуды.

Приливныя и отливныя теченія. — Вездѣ у береговъ приливъ и отливъ сопровождаются теченіями, называемыми приливо-отливными *). Если приливъ совершенно правильный, то приливное теченіе начинается, когда вода, поднимаясь при приливѣ, достигла средняго уровня. Постепенно нарастая, теченіе достигаетъ наибольшей скорости въ полную воду, затѣмъ при отливѣ оно постепенно убываетъ и прекращается къ моменту, когда уровень достигъ своего средняго положенія. При дальнѣйшемъ пониженіи уровня начинается отливное теченіе обратнаго направленія, которое въ свою очередь достигаетъ наибольшей силы въ малую воду и затѣмъ уменьшается при приливѣ и прекращается, когда уровень достигнетъ средняго положенія. При правильномъ приливѣ приливное и отливное теченія продолжаются одинаковый промежутокъ времени.

Какъ выше уже нѣсколько разъ было указано, согласно современному взгляду на явленіе прилива, оно представляетъ колебательное движеніе, которое у береговъ образуетъ настоящее волнообразное движеніе съ очень большою длиною и малою высотою волны. Въ главѣ о волненіи (стр. 233) уже было показано, что высота волны зависитъ отъ діаметра производящей окружности, а длина волны—отъ діаметра катящейся окружности; потому и при небольшой высотѣ волны длина ея можетъ быть какъ угодно велика, а вмѣстѣ съ тѣмъ и скорость распространенія волны тоже, между тѣмъ какъ движеніе частицы по своей орбитѣ въ то же время будетъ очень медленное. Колебательное движеніе воды при приливѣ вполнѣ подходитъ къ этому случаю.

Предположимъ, что частица воды описываетъ круговую орбиту въ 12 ч. 25 м., соотвѣтственно періоду прилива; на чертежѣ видно (фиг. 150 стр. 384), что, если начало движенія частицы было наверху орбиты, то черезъ 3 ч. 6,25 м. она будетъ на четверти своего пути, что̀ соотвѣтствуетъ положенію средняго уровня при приливѣ. Еще черезъ такой же промежутокъ, т.-е. черезъ 6 ч. 12,5 м. отъ начала движенія, частица

*) Наблюденія и изслѣдованія послѣдняго времени показываютъ, что и въ открытомъ океанѣ и на поверхности и на глубинахъ существуютъ приливо-отливныя теченія („The Depths of the Ocean“, Sir J. Murray; p. 272).

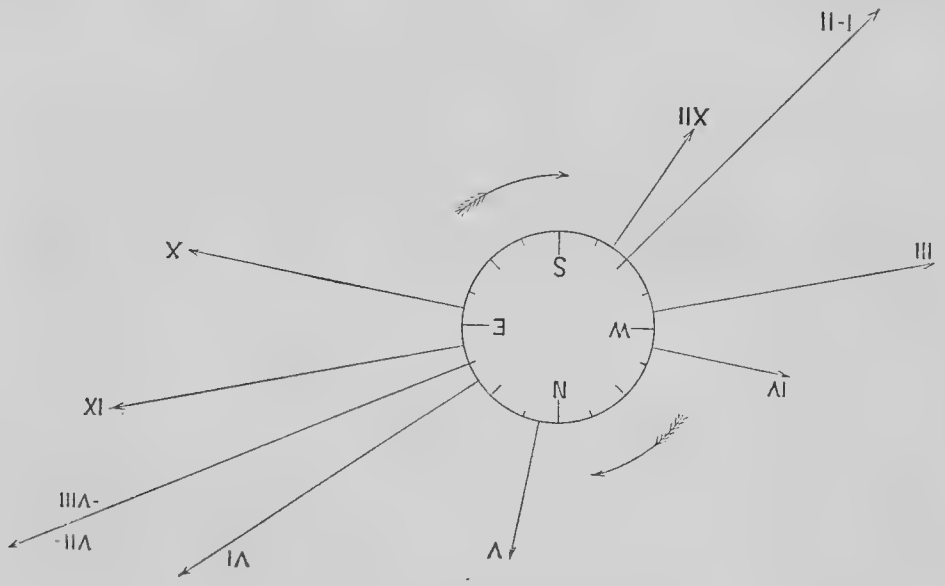


Фиг. 150. Орбита частицы воды.

окажется внизу орбиты; это положеніе соотвѣтствуетъ малой водѣ; въ 9 ч. 18,75 м. опять наступитъ средній уровень, а черезъ 12 ч. 25 м. отъ начала частица прійдетъ на вершину орбиты, и наступитъ полная вода. Отъ 9 ч. 18,75 м. до 3 ч. 6,25 м. будетъ дѣйствовать приливное теченіе, показанное на чертежѣ стрѣлкою. По мѣрѣ приближенія къ моменту 3 ч. 6,25 м. направленіе движенія частицы изъ горизонтальнаго постепенно переходитъ въ вертикальное, и потому приливное теченіе убываетъ и наконецъ прекращается, и черезъ нѣкоторый промежутокъ времени появляется отливное теченіе, которое, усиливаясь, достигаетъ наибольшей величины къ 6 ч. 12,5 м.; потомъ оно начинаетъ ослабѣвать, и, когда въ 9 ч. 18,75 м. направленіе движенія частицы станетъ вертикальнымъ, оно прекратится. Случаи отсутствія теченія (что въ нашемъ примѣрѣ соотвѣтствуетъ 3 ч. 6,25 м. и 9 ч. 18,75 м. или, что то же самое, положенію средняго уровня) въ англійскомъ языкѣ называются—slack water, а во французскомъ—les étales de flot ou de jusant; flot—значитъ приливное теченіе, а jusant—отливное.

Какъ выше было указано, приливъ часто бываетъ неправильный, при чемъ продолжительность прилива и отлива неодинаковы; то же самое случается и съ приливными и отливными теченіями, которыя бываютъ неравной продолжительности. Кромѣ того, очень часто случается, что начало и конецъ приливного и отливного теченій не совпадаютъ съ серединою прилива или отлива (т.-е. не приходятся посрединѣ между моментами полной и малой воды). Нерѣдко бываетъ, что наибольшая скорость приливного теченія наступаетъ значительно позже или раньше полной воды, то же и для отливного теченія по отношенію къ малой водѣ. Напримѣръ, въ Ламаншѣ около Эддистонскаго маяка (передъ входомъ въ Плимутъ), между Шербургомъ и Барфлёромъ (на вост. мысу пол-ва Нормандія) и около устья р. Соммы начало и конецъ теченій совпадаютъ со среднимъ уровнемъ; тогда какъ между Эддистономъ и Шербургомъ начало теченій бываетъ позже средняго уровня, и раньше средняго уровня для мѣстъ, лежащихъ между Барфлёромъ и устьемъ р. Соммы; эти опозданія и упрежденія здѣсь доходятъ до 1 ч. — 1 ч. 30 м., а въ другихъ мѣстахъ случаются и на 3—4 ч. позже или раньше, при чемъ и въ томъ же самомъ мѣстѣ всѣ эти явленія не остаются постоянными, а измѣняются изо дня въ день.

При правильномъ ходѣ явленія направленія приливного и отливного теченій должны были быть прямо противоположны, но, вслѣдствіе вліянія очертанія береговъ, рельефа дна и интерференціи, очень часто эти направленія пересѣкаются подъ разными углами. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, напримѣръ, въ южной части Нѣмецкаго м., приливныя и отливныя теченія принимаютъ вращательный характеръ, и, вмѣсто перерыва между приливнымъ и отливнымъ теченіями, наблюдается постепенный переходъ отъ одного направленія къ другому, при чемъ теченіе обходитъ весь компасъ, не прекращаясь, а только уменьшая свою скорость на переходныхъ направленіяхъ отъ приливного къ отливному. На чертежѣ (фиг. 151) данъ примѣръ такой круговой смѣны теченій на маякѣ Тер-



Фиг. 151. Приливныя теченія у маяка Тершеллингеръ. Римскія цифры указываютъ часы.

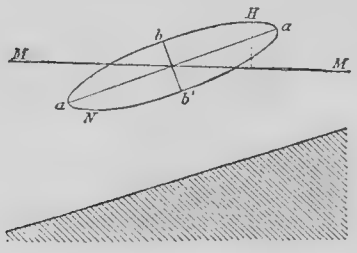
шеллингеръ-банкъ въ Нѣмецкомъ м. противъ о-ва Тершеллингъ у входа въ зал. Зюдерзее. Смыслъ вращенія приливо-отливныхъ теченій въ разныхъ мѣстахъ можетъ быть въ обѣ стороны, и случается, что въ двухъ мѣстахъ не особенно далекихъ другъ отъ друга онъ бываетъ различный *).

Скорости приливо-отливныхъ теченій бываютъ иногда значительныя, напримѣръ, во многихъ мѣстахъ у береговъ Великобританіи онѣ

*) Напримѣръ, на пловучихъ маякахъ у голландскаго берега, на однихъ по часовой стрѣлкѣ, а на другихъ противъ нея.

доходятъ до 2—3 морскихъ миль въ часъ (3,7—5,6 кпл.), во Франціи такія же и даже мѣстами у сѣверо-западныхъ береговъ доходятъ до 6 м.м. въ часъ (11 к.); у сѣвернаго берега Сахалина въ 1915 г. Гл. Гидрограф. Упр. были обслѣдованы приливо-отливныя теченія, доходящія тоже до 6 морск. м. въ часъ. Въ проливахъ между Курильскими ов-ми эти теченія достигаютъ скорости до 6 м.м. въ часъ. Въ нѣкоторыхъ узкостяхъ между островами по берегамъ Британской Колумбіи въ Тихомъ ок. скорость такихъ теченій доходитъ до 12 м.м. въ часъ (22 к.—въ узкости Сеймуръ); у береговъ Аляски тоже до 10—12 м.м. въ часъ (узкость Сергія, пр. Опасный, 18—22 к.).

Несовпаденіе моментовъ начала приливо-отливныхъ теченій съ серединою между полною и малою водою, по современнымъ взглядамъ на явленіе прилива у береговъ, какъ на родъ волнообразнаго движенія, объясняется видоизмѣненіемъ орбитъ, описываемыхъ частицами. На большой глубинѣ орбиты должны быть круговыя, какъ это показано на фиг. 150 (см. выше), тогда моменты полной и малой воды совпадаютъ съ наибольшими скоростями приливо-отливныхъ теченій, начало же ихъ приходится посрединѣ между полными и малыми водами. Предполагаютъ, что уменьшеніе глубины выражается измѣненіемъ орбитъ изъ круговыхъ въ эллиптическія, при чемъ горизонтальная ось орбиты не только при этомъ вытягивается, но и наклоняется къ горизонту, принимая положеніе параллельное общему уклону дна, подобно тому, какъ это схематически изображено на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 152). Полная вода должна была бы случаться въ точкѣ b, а она приходится въ точкѣ H, а малая въ b^1 вмѣсто N, т.-е. моменты этихъ явленій смѣщены каждое впередъ, а моменты поворота теченій остаются на своихъ мѣстахъ въ a и a, почему и оказывается, какъ будто приливо-отливныя теченія смѣстились по отношенію къ моментамъ полной и малой воды *).

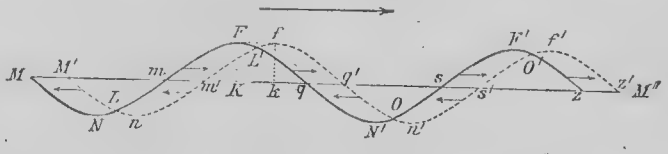


Фиг. 152. Орбита частицы воды на малой глубинѣ.

Приливное теченіе, такъ же, какъ и отливное, всегда нѣкоторую часть

*) На чертежѣ большая и малая оси эллипсиса по необходимости даны не въ одинаковомъ масштабѣ, малая ось должна бы быть всего нѣсколько метровъ, а большая десять и болѣе километровъ. Вообще такое объясненіе явленія недостаточно, но пока не имѣется лучшаго.

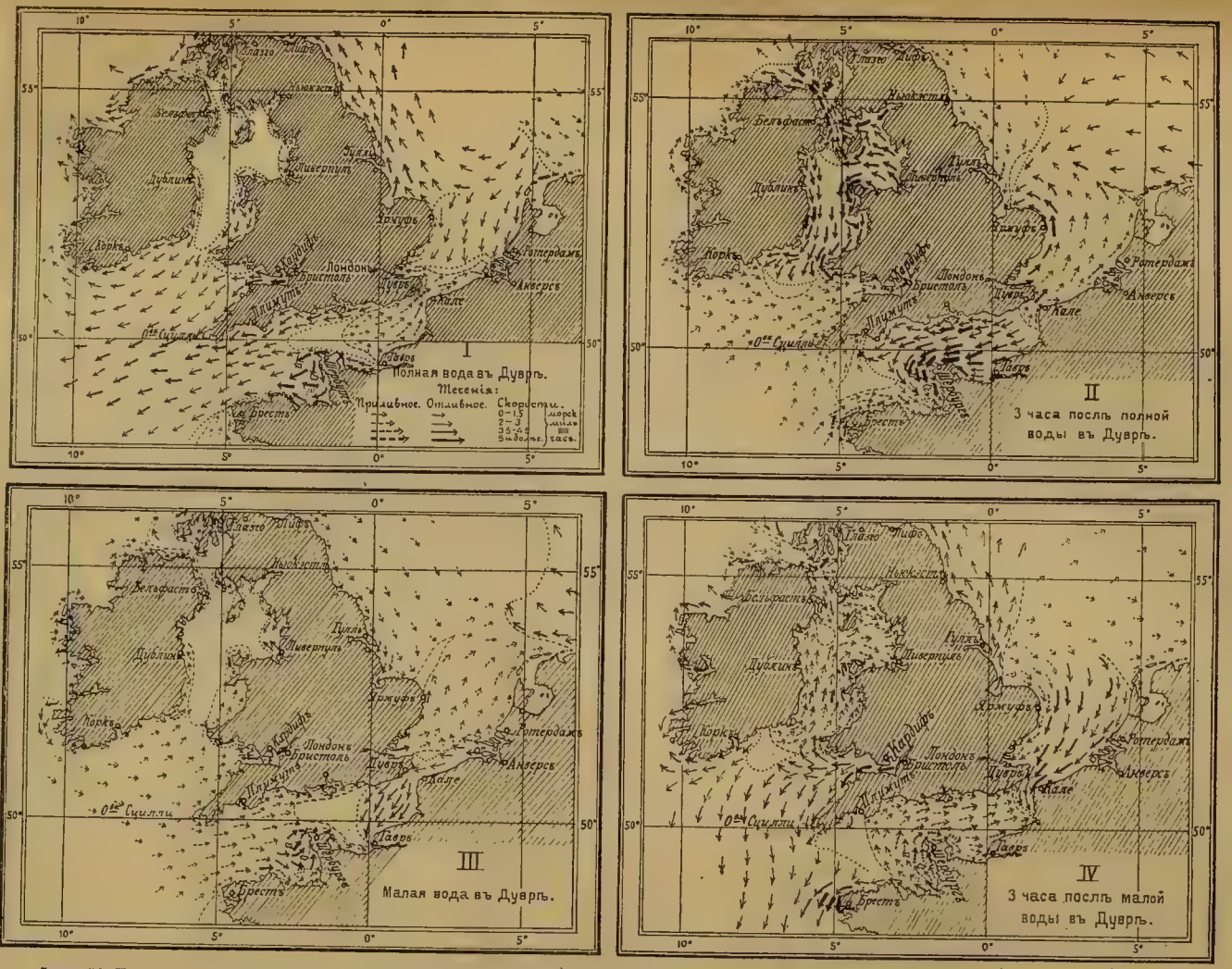
времени идутъ противъ уклона поверхности (приливное въ началѣ его до полной воды, а отливное въ концѣ—послѣ малой воды), и потому, очевидно, они не могутъ возникать, какъ слѣдствіе уклона поверхности, подобно рѣчному теченію. Кромѣ того, и уклоны, могущіе образоваться при приливѣ или отливѣ, недостаточны, чтобы произвести столь сильныя теченія, какія наблюдаются при этомъ. Вѣроятнѣе будетъ предположить, что возникновеніе приливо-отливныхъ теченій обязано волнообразному характеру явленія прилива, особенно поблизости береговъ. Во всякомъ волнообразномъ движеніи (напр., на фиг. 86, стр. 235) частицы того же слоя, лежащія выше линіи центровъ своихъ орбитъ, имѣютъ нѣкоторую поступательную составляющую, направленную параллельно горизонту въ сторону движенія волны; а частицы, лежащія ниже линіи центровъ,—въ сторону, обратную движенію волны. На чертежѣ (фиг. 153) изображена схема двухъ послѣдовательныхъ волнъ, а пунктиромъ показано поло-



Фиг. 153. Схема движенія частицъ воды въ волнѣ.

женіе формы волны черезъ нѣкоторый промежутокъ времени. Частицы, находящіяся въ данный моментъ выше линіи MM^{II}, обладаютъ поступательнымъ движеніемъ въ сторону движенія волны, что и показано стрѣлками, а частицы ниже линіи MM^{II} двигаются нѣкоторое время въ обратную сторону, какъ показываютъ стрѣлки. Каждая частица по очереди участвуетъ въ этихъ двухъ перемѣщеніяхъ, пока она находится въ верхней или нижней части своей орбиты; а такъ какъ частицы въ волнѣ непрерывно слѣдуютъ одна за другою, то послѣдовательныя положенія разныхъ частицъ и образуютъ въ совокупности приливное и отливное теченія. На чертежѣ по необходимости изображены волны слишкомъ короткія и слишкомъ крутыя, въ природѣ же онѣ очень длинныя и настолько пологія, что промежутокъ времени, необходимый для прохожденія черезъ какое-либо мѣсто наблюденія частей волны, лежащихъ ниже и выше линіи MM^{II}, равняется 6 ч. 12,5 м.

Отличный примѣръ приливныхъ теченій, показывающій характеръ этого явленія, представляютъ таковыя теченія въ Ламаншѣ и Нѣмецкомъ м., изображенныя на четырехъ картахъ (фиг. 154, стр. 388) для



Фиг. 154. Приливныя и отливныя теченія въ Ламаншѣ, Нѣмецкомъ м. и Ирландскомъ м. Мѣста, гдѣ на картахъ между пунктирными линіями оставлены бѣлыя пространства, соотвѣтствуютъ отсутствію теченій, это есть мѣста slack water.

четырехъ послѣдовательныхъ моментовъ: I—полной воды въ Дуврѣ, II—трехъ часовъ послѣ того, III—малой воды въ Дуврѣ и IV—спустя три часа послѣ малой воды. Приливное теченіе въ Ламаншѣ идетъ изъ океана, а въ Нѣмецкомъ м. съ сѣвера на югъ, а отливное обратно. (На картахъ границы между областями приливныхъ и отливныхъ теченій показаны пунктирными линіями).

На I картѣ приливное теченіе охватываетъ часть Ламанша къ востоку отъ линіи Соутгэмптонъ—Гавръ до линіи устье Темзы—Роттердамъ, въ самой узкой части въ Па-де-Кале оно обладаетъ скоростью до 3,5—4,5 морскихъ миль (6,5—8 к.) въ часъ. Въ западной части Ламанша въ это время господствуетъ отливное теченіе, имѣющее наибольшія скорости между о-ми Гернсей и Джерсей и Нормандіей (до 5 миль—9 к. въ часъ). Широкая, треугольная полоса спокойной воды (slack water) раздѣляетъ области приливного и отливного теченій. Отливное теченіе въ это время господствуетъ почти во всемъ Ирландскомъ м. и по восточному берегу Англіи, тогда какъ къ востоку отъ Зюдерзее до береговъ Даніи въ Нѣмецкомъ м. находится область приливного теченія.

На II картѣ картина иная. Приливное теченіе изъ восточной части Ламанша перешло въ южную часть Нѣмецкаго м. Оно же спустилось отъ береговъ Шотландіи къ югу и охватило почти все восточное побережье Англіи. Все пространство отъ Ирландіи до Франціи тоже охвачено приливнымъ теченіемъ.

Отливное теченіе занимаетъ почти весь Ламаншъ отъ Па-де-Кале до Плимута, имѣя около Нормандіи скорости до 6 морск. миль въ часъ (11 кил.). Къ западу отъ области отливного теченія расположена полоса покойной воды, раздѣляющая отливное и приливное теченія. Все Ирландское м. и вся восточная часть Нѣмецкаго м. заняты отливнымъ теченіемъ.

На III картѣ картина приблизительно обратная картѣ I. Наибольшія скорости опять встрѣчаются въ зал. С. Мало (до 4 м.м.—7 к.).

На IV картѣ картина приблизительно обратна картѣ II. Наибольшія скорости находятся у береговъ Нормандіи, гдѣ онѣ доходятъ до 3—5 морск. миль (5,5—9 к.) въ часъ.

Такимъ образомъ въ Ламаншѣ наибольшія скорости приливо-отливныхъ теченій совпадаютъ довольно хорошо съ теоретическимъ представленіемъ о сочетаніи наибольшей скорости съ серединою между полною и малою водою.

Разобранныя карты приливныхъ теченій для четырехъ главныхъ моментовъ явленія въ Ламаншѣ показываютъ, насколько оно сложно, и какъ много надо наблюденій, чтобы его представить достаточно ясно и точно. Область, обнимаемая этими картами, есть одна изъ наиболѣе изученныхъ во всемъ океанѣ въ отношеніи приливо-отливныхъ теченій (что̀ вызывается большимъ движеніемъ судовъ здѣсь и значительными скоростями теченій), для другихъ же мѣстъ, гдѣ приливныя теченія также обладаютъ большою силою, столь полныхъ изслѣдованій еще не имѣется.

Приливо-отливныя теченія въ открытомъ океанѣ и на глубинахъ.— Въ открытомъ океанѣ, гдѣ глубины большія, перемѣщенія частицъ воды подъ вліяніемъ приливо-образующихъ силъ должны были бы быть очень не велики; до настоящаго времени обыкновенно и предполагали, что въ открытомъ океанѣ скорости приливныхъ теченій очень малы, нѣсколько сотыхъ долей метра въ секунду.

Единственныя наблюденія, которыя до сихъ поръ были сдѣланы въ открытомъ океанѣ, стоя на якорѣ, и притомъ не въ какомъ-либо приливѣ между океаническими островами, а на открытомъ мѣстѣ океана, принадлежатъ экспедиціи сэра Д. Мёррея въ 1910 г. Къ югу отъ Азорскихъ о-въ, на подводномъ плато на глубинѣ болѣе 900 м. (490 м. с.), судно сутки *) стояло на драгѣ и производило измѣреніе теченій въ поверхностномъ слоѣ (10 м.) и на разныхъ глубинахъ до 732 м. (400 м. с.). Въ поверхностномъ слоѣ (на 10 м.) было найдено вполнѣ опредѣленное приливо-отливное теченіе, доходившее въ секунду до 0,38 м. (0,7 узла въ часъ) и все время измѣнявшее свое направленіе, за 12 ч. оно обошло весь компасъ. Постоянное теченіе въ томъ же мѣстѣ все время наблюденій шло на поверхности на SE со среднею скоростью 0,08—0,09 сант. въ сек. (0,2 узла въ часъ). Одного случая наблюденій, конечно, еще недостаточно для какихъ-либо общихъ выводовъ, однако приведенное выше наблюденіе несомнѣнно указываетъ, что приливо-отливныя теченія въ открытомъ океанѣ существуютъ и имѣютъ замѣтную величину.

На какую глубину въ океанѣ распространяются приливо-отливныя теченія, отвѣтить еще труднѣе за отсутствіемъ наблюденій. Для мелководныхъ морей установлено, что такія теченія тамъ доходятъ до самаго дна.

---

*) 12-го Іюня 1910 г. къ югу отъ Азорскихъ о-въ, ст. 58, 37°38′ с. ш., 29°20′ з. д.

Наблюденія океанографической экспедиціи сэра Д. Мёррея, въ 1910 г. къ югу отъ Азорскихъ о-въ, несомнѣнно показали, что приливо-отливныя теченія существовали въ этомъ мѣстѣ на всѣхъ глубинахъ, и на 732 м. (400 м. с.) скорость ихъ была 0,27 метр. въ секунду (болѣе 0,5 узла въ часъ). Есть и другія указанія такого же рода, такъ въ 1883 г. Бёканань на банкѣ Даціа въ Атлантическомъ ок., къ западу отъ Марокко, на глубинѣ около 100 и 150 м., подмѣтилъ приливо-отливныя теченія. Онъ же въ проливахъ между Канарскими о-ми на глубинахъ до 1.800—2.000 м. встрѣтилъ дно совершенно оголенное отъ ила, тогда какъ вокругъ на глубинахъ въ 2.500 м. этотъ илъ встрѣчался вездѣ. Также и на банкѣ Геттисбергъ, къ западу отъ Гибралтарскаго пр., были найдены приливныя теченія. Въ Индійскомъ ок. между Сешельскими о-ми и банкою Саіа да Мала (на SE отъ Сешельскихъ) въ 1905 г. на глубинахъ до 1.700 м. (930 м. с.) было встрѣчено сильное теченіе, и дно оказалось совершенно чистымъ отъ всякаго ила, въ другихъ мѣстахъ поблизости покрывавшаго дно океана. Подобное же наблюденіе было сдѣлано и адмираломъ С. О. Макаровымъ на *Витязѣ* въ 1886—89 гг. въ Лаперузовомъ пр.

Всѣ эти немногія наблюденія произведены въ мѣстахъ значительныхъ поднятій океаническаго ложа или въ проливахъ, т.-е. своего рода узкостяхъ, и потому они не позволяютъ еще вывести какое-либо окончательное заключеніе о существованіи приливо-отливныхъ теченій въ глубокихъ слояхъ океана.

Приливы въ рѣкахъ. — Рѣки, впадающія въ моря, гдѣ есть замѣтные приливы, или въ океанъ, представляютъ естественные каналы, по которымъ приливъ можетъ распространяться иногда на большое разстояніе отъ устья. Разница между каналомъ и рѣкою состоитъ въ томъ, что въ рѣкѣ есть свое собственное теченіе, которое, слагаясь съ приливными теченіями, видоизмѣняетъ явленіе прилива; вмѣстѣ съ этимъ и неровности рѣчного ложа и суженія и расширенія русла тоже оказываютъ свое вліяніе.

Вслѣдствіе уменьшенія глубины и вліянія встрѣчнаго теченія въ рѣкахъ обыкновенно приливъ бываетъ короче, нежели отливъ, и даже иногда въ устьяхъ рѣкъ образуется продолжительная полная вода, что̀ представляетъ для мореплаванія очень удобное явленіе, такъ какъ большая глубина при полной водѣ долго сохраняется. Такое явленіе у береговъ Голландіи называется «еггеръ», а въ Сѣверной Двинѣ «маниxой».

Приливъ, поднимаясь вверхъ по рѣкѣ, образуетъ приливное теченіе, совершенно останавливающее собственное теченіе рѣки и переводящее его въ обратное; при отливѣ же рѣчное теченіе возобновляется, пока оно, черезъ 5—6 часовъ, снова не встрѣтитъ слѣдующее приливное теченіе. Такимъ образомъ частицы воды въ рѣкѣ съ приливами, выше ея устья, совершаютъ передвиженія вверхъ съ приливнымъ теченіемъ и внизъ съ отливнымъ, и такъ какъ послѣднее продолжительнѣе и чѣмъ болѣе вверхъ по рѣкѣ тѣмъ продолжительнѣе, то и частицы воды, а слѣдовательно и плавающіе въ рѣкѣ предметы спускаются внизъ по рѣкѣ ея естественнымъ теченіемъ очень медленно, только понемногу подвигаясь къ устью съ каждымъ періодомъ прилива (12 ч.). Чѣмъ ближе къ устью, тѣмъ продолжительность приливного и отливного теченій все болѣе и болѣе сравниваются между собою. Приливное теченіе распространяется вверхъ по рѣкѣ на такое же разстояніе, какъ и самъ приливъ.

Обыкновенно приливное теченіе въ рѣкахъ сперва идетъ по дну, потому что болѣе плотная морская вода тяжелѣе, а сверху она заливается вначалѣ прѣсною водою отливного теченія, пока воды ихъ не перемѣшаются и приливное теченіе не возьметъ верхъ. Наблюденія на рейдахъ показали (Бостонъ, С. Шт.), что даже и тамъ приливное теченіе раньше наступаетъ въ придонномъ слоѣ. Случается, что въ рѣкѣ началось уже пониженіе уровня, т.-е. отливъ, а приливное теченіе продолжается еще 1 ч. — 1½ ч. (Англія, р. Гёмберъ, портъ Гуль).

Скорость приливного теченія въ нижнихъ частяхъ рѣкъ обыкновенно отъ 3 до 6 кил. въ часъ, и такъ какъ приливное теченіе обыкновенно продолжается около 5—5,5 ч., то оно можетъ переносить плавающія въ водѣ частицы и тѣла на разстоянія не болѣе 15—25 кил., въ сизигійные приливы больше, въ квадратурные меньше. При отливномъ теченіи эти же взвѣшенныя частицы и плавающія тѣла спускаются внизъ по рѣкѣ, совершая такія колебательныя движенія ежедневно по два раза и постепенно подвигаясь къ устью, каждый день около 0,5 кил. Въ верхней части рѣки, гдѣ отливное теченіе сильнѣе и продолжительнѣе, частицы спускаются по рѣкѣ быстрѣе. Въ Сенѣ, напримѣръ, отъ Руана до устья 260 кил., и по вычисленію оказывается, что плавающая частичка, подхваченная въ полную воду отливнымъ теченіемъ, достигаетъ устья черезъ 6,25 дней.

Приливное и отливное теченія, конечно, перекатываютъ по дну и болѣе крупныя частички въ зависимости отъ ихъ величины и вѣса на разныя разстоянія.

Выправительныя работы и углубленіе рѣчного фарватера всегда приводятъ къ уравниванію продолжительности приливного и отливного теченій, особенно въ нижнихъ частяхъ русла, при чемъ увеличивается и скорость распространенія прилива вверхъ по рѣкѣ.

Разстоянія, на которыя приливы распространяются вверхъ по рѣкамъ, очень различны и зависятъ отъ многихъ причинъ. Самое большое разстояніе, проходимое приливомъ вверхъ по рѣкѣ, наблюдается въ Амазонкѣ, приливы тамъ еще замѣтны на разстояніи 1.400 кил. отъ океана; на этомъ протяженіи расположено вдоль по рѣкѣ восемь мѣстъ съ пол-

пою водою. Въ р. Св. Лаврентія приливъ распространяется на 700 к. отъ устья; въ Квебекѣ (560 к.) амплитуда достигаетъ 4,6 м. (15 ф.).

Въ Россіи въ Сѣв. Двинѣ, въ Мезени, Печорѣ, Амурѣ, а въ западной Европѣ во всѣхъ рѣкахъ, впадающихъ въ Атлантическій океанъ и Нѣмецкое море, приливъ заходитъ въ рѣки. Это обстоятельство оказываетъ большую помощь мореплаванію, позволяя судамъ съ большою осадкою посѣщать порта, расположенные въ устьяхъ рѣкъ.

Этому обязаны своимъ развитіемъ и богатствомъ такіе порта, какъ: Лондонъ, Ливерпуль, Гуль, Соутгэмптонъ, Бордо, Гавръ, Антверсъ, Ротердамъ, Бременъ, Гамбургъ.

Боръ.—На многихъ рѣкахъ, но не на всѣхъ, куда заходитъ приливъ, наблюдается особенное явленіе, случающееся при распространеніи прилива вверхъ по рѣкѣ, называемое по-англійски — *боръ*, а по-французски—*маскарэ*.

На рѣкахъ, гдѣ бываетъ боръ, онъ случается не ежедневно, а только около сизигій, когда приливы велики, при чемъ каждый случай проявленія бора не похожъ на другой, и въ каждой рѣкѣ явленіе обладаетъ особеннымъ характеромъ въ зависимости отъ мѣстныхъ условій.

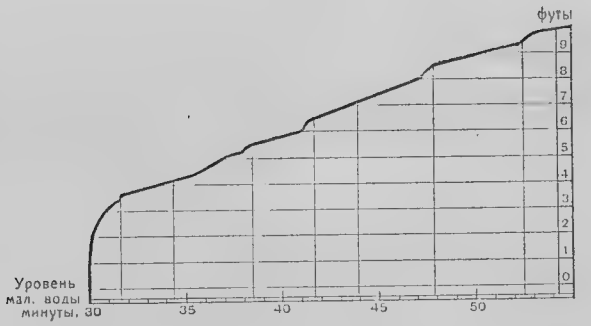
Явленіе бора состоитъ въ слѣдующемъ. Онъ наступаетъ обыкновенно послѣ малой воды, при чемъ при движеніи вверхъ по рѣкѣ волны прилива, въ узкихъ и мало глубокихъ частяхъ ложа рѣки, передняя часть волны становится очень крутою, возвышающеюся обыкновенно надъ уровнемъ малой воды на 1—2 м. (3,5—7 ф.). Эта крутая волна быстро идетъ вверхъ по рѣкѣ (отъ 3 до 7 м. въ сек.), пересѣкая всю рѣку иногда почти по прямой линіи, а иногда по кривой, при чемъ вогнутость послѣдней обращена къ верховью рѣки. Если по пути встрѣчаются въ рѣкѣ мелкія мѣста, то надъ ними передняя часть волны разсыпается пѣнистымъ гребнемъ; въ болѣе глубокихъ же частяхъ русла этого не бываетъ. Иногда боръ сопровождается сильнымъ шумомъ. За первою волною близко слѣдуетъ еще нѣсколько меньшей высоты; послѣ прохожденія бора въ однѣхъ рѣкахъ уровень воды поднимается, но не достигаетъ высоты гребня волны бора, а въ другихъ повышеніе уровня идетъ непрерывно. При дальнѣйшемъ повышеніи уровня въ данномъ мѣстѣ боръ прекращается за нѣсколько времени до наступленія полной воды. Протяженіе рѣки, на которомъ бываетъ боръ, очень различно, въ нѣкоторыхъ рѣкахъ на нѣсколькихъ километрахъ, а въ другихъ на 70—80 кил.

Фиг. 155. Боръ на р. Севернѣ у гор. Глостера.

На приложенной фотографіи (фиг. 155) изображенъ боръ на р. Севернѣ, впадающей въ Бристольскій зал. Фотографія снята около города Глостера (см. карту фиг. 148, стр. 380), и на ней хорошо видны—спокойная поверхность воды въ рѣкѣ выше волны бора и разсыпающаяся часть волны, вслѣдствіе уменьшенія глубины у берега.

Обыкновенно боръ поднимается выше въ мѣстахъ, гдѣ русло рѣки узко и гдѣ глубина меньше. Иногда случается, что въ расширенныхъ и болѣе глубокихъ частяхъ русла боръ перестаетъ быть замѣтенъ, а выше, въ болѣе узкихъ и мелкихъ мѣстахъ, онъ снова появляется.

Изученіе бора приводитъ къ выводу, что это есть послѣдствіе волнообразнаго движенія воды, образующаго приливъ, распространяющійся вверхъ по рѣкѣ. Скорость распространенія бора совершенно совпадаетъ съ вычисленными скоростями для волнъ въ зависимости отъ средней глубины на каждомъ участкѣ рѣки, и всѣ остальныя особенности бора походятъ на подобныя же явленія для волнъ на мелководіи. На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 156) дана кривая колебанія уровня при прохожденіи бора на р. Петикодіэкъ около Монктона въ сизигію (см. карту



Фиг. 156. Кривая повышенія уровня при борѣ въ Монктонѣ.

з. Фунди, стр. 372) по наблюденіямъ 1898 г. Эта рѣка имѣетъ широкое устье, длиною около 55 к., на которомъ и расположенъ г. Монктонъ въ 32 к. отъ впаденія рѣки въ верховье зал. Фунди. Въ этомъ мѣстѣ рѣка въ полную воду имѣетъ ширину около 750 м., а въ малую всего 150 м., при чемъ обнажаются обширныя илистыя отмели. Амплитуда прилива въ Монктонѣ 14 м., измѣненіе характера мѣстности въ полную и малую воды здѣсь уже было представлено выше на двухъ фотографіяхъ (фиг. 142 а-б, стр. 374—5).

Кривая (фиг. 156) показываетъ, что, послѣ перваго, рѣзкаго повышенія уровня, онъ съ нѣсколькими небольшими скачками поднялся на 9 футовъ (2,7 м.) черезъ 25 минутъ послѣ появленія бора *), за этотъ промежутокъ времени голова волны успѣла продвинуться вверхъ по рѣкѣ за Монктонъ на 5,5 кил. Въ квадратуры въ Монктонѣ бора не бываетъ или онъ едва замѣтенъ.

На приложенной фотографіи изображена величественная картина бора у Монктона (фиг. 157, стр. 396); на ней ясно виденъ крутой передній склонъ, такъ характерно отмѣченный на кривой колебанія уровня (фиг. 156).

Особенно сильный боръ наблюдается въ устьѣ р. Тзіенъ-тангъ-Кіангъ, въ Китаѣ, впадающей въ Ханчжоускій зал. Здѣсь боръ въ сизигіи достигаетъ 3,4 м. (11 ф.) высоты при скорости въ 15 к. въ часъ (9 узловъ). Судя по историческимъ даннымъ, нѣсколько столѣтій тому назадъ здѣсь не было столь сильнаго бора, что подтверждаетъ мнѣніе о вліяніи мѣстныхъ условій на его образованіе, которыя, конечно, за это время могли измѣниться.

*) Тогда какъ на рѣкахъ Франціи послѣ первой волны наступаетъ сперва нѣкоторое пониженіе уровня, а потомъ уже идетъ дальнѣйшее повышеніе его.

Фиг. 157. Явленіе бора у г. Монктона на р. Петикодіэкъ.

На Амазонкѣ боръ достигаетъ въ сизигіи 3,5—4,5 м. (12—15 ф.) и распространяется по рѣкѣ на 300 к.

На Гангѣ боръ силенъ въ рукавѣ его дельты Гугли, гдѣ иногда онъ доходитъ до 2 м. (7 ф.).

Въ Европѣ это явленіе бываетъ на нѣкоторыхъ рѣкахъ Франціи: Шарантѣ, Орнѣ и Сенѣ; особенно онъ силенъ на Сенѣ, гдѣ около Кодебека, въ 50 к. отъ устья, волна бора (маскарэ), случалось, поднималась надъ уровнемъ малой воды на 2,2 м. (7 ф.). Послѣ выправительныхъ работъ маскарэ на Сенѣ уменьшился.

На нѣкоторыхъ англійскихъ рѣкахъ,—Трентѣ и Севернѣ,—тоже наблюдается явленіе бора; тамъ высота его достигаетъ 1—1,5 м. (4—5 ф.).

Въ Россіи, судя по нѣкоторымъ, недостаточно подробнымъ описаніямъ въ лоціи Бѣлаго м. Рейнике, возможно, что явленіе бора встрѣчается въ устьѣ р. Мезени и въ Мезенскомъ зал., или по крайней мѣрѣ нѣчто подобное этому явленію.

Использованіе силы прилива. — Вопросъ объ использованіи силы прилива для техническихъ цѣлей, такъ же, какъ и силы волненія, давно уже занимаетъ людей. Однако техническія трудности и до

сихъ поръ еще не дали возможности использовать большую силу прилива. Для достаточной выгодности предпріятія необходимо соединеніе нѣсколькихъ естественныхъ условій и главнымъ образомъ двухъ, а именно: приливовъ большой амплитуды съ удобнымъ рельефомъ мѣстности, который позволялъ бы замкнуть бассейнъ большой вмѣстимости плотиною небольшой длины. Впуская воду въ бассейнъ въ полную воду, при отливѣ можно пользоваться силою паденія воды изъ бассейна, направляя потокъ воды въ тюрбины, при чемъ послѣднія обыкновенно вращаютъ насаженные на ту же вертикальную ось производители электрическаго тока. Подобныя устройства существуютъ, но въ очень небольшихъ размѣрахъ, напримѣръ, на о-вѣ Уайтѣ (противъ Соутгэмптона), тамъ непосредственно тюрбина вращаетъ мельницу. Въ новѣйшихъ проектахъ предполагается улучшить подобныя установки устройствомъ рядомъ двухъ бассейновъ, при чемъ одинъ для наивысшаго уровня прилива, а другой, въ то время, пока первый наполняется, служитъ для выхода отработанной воды, а въ малую воду и изъ него пользуются водою для движенія нижняго ряда тюрбинъ, устанавливаемыхъ въ нѣсколько этажей для работы при разныхъ уровняхъ воды въ бассейнахъ. Такимъ устройствомъ достигается непрерывность дѣйствія тюрбинъ въ теченіе сутокъ.

До сихъ поръ большихъ устройствъ подобнаго рода не было, но проектовъ имѣется нѣсколько для Англіи (устье р. Северна) и для Франціи (устье р. Сены). Весьма возможно, что усовершенствованія въ техникѣ въ будущемъ позволятъ осуществить подобныя устройства.

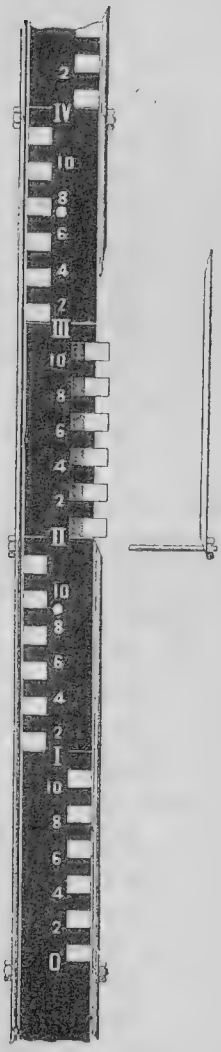
Приборы для наблюденія приливовъ.—Для наблюденія колебанія уровня, отъ какихъ бы причинъ оно ни происходило, можно пользоваться или обыкновеннымъ футштокомъ или самопишущими приборами, называемыми мареографами или уровнемѣрами, послѣднихъ очень много различнаго устройства; есть уровнемѣры, механически передающіе колебанія уровня нишущей части прибора, есть приборы, пользующіеся для того же гидростатическимъ давленіемъ, есть электрическіе приборы, при чемъ послѣдніе бываютъ и такого устройства, что записываніе колебанія уровня можетъ быть передано на десятки километровъ отъ мѣста наблюденія.

Изъ этихъ системъ уровнемѣровъ, какъ и вообще всякихъ самопишущихъ приборовъ, наиболѣе надежные,—передающіе механически колебанія уровня къ записывающей части. Въ Россіи получилъ въ послѣд-

нее время большое распространеніе уровнемѣръ системы Рорданца,—механика Главной Физической Обсерваторіи, — который далѣе и описанъ.

Какой бы системы ни былъ самопишущій уровнемѣръ, при немъ непремѣнно долженъ быть футштокъ, почему мы здѣсь и опишемъ прежде всего этотъ простой приборъ.

Футштокъ есть брусокъ прямоугольнаго сѣченія совершенно прямой и такой длины, чтобы амплитуда колебанія уровня была меньше его. Футштокъ можно сдѣлать и изъ дерева, выкрасить его нѣсколько разъ масляною краскою и раздѣлить широкую сторону его на какія-либо части, напримѣръ, футы и дюймы, или дециметры и сантиметры и т. п. Нанесенныя дѣленія окрашиваются для того, чтобы видѣть ихъ съ нѣкотораго разстоянія; напримѣръ, рейка можетъ быть бѣлою, тогда дѣленія черезъ одно дѣлаютъ черными или красными. Подписи дѣленій обыкновенно дѣлаются черезъ одно, чтобы яснѣе ихъ видѣть издали. Деревянные футштоки требуютъ довольно часто окраски, при чемъ ихъ приходится снимать и снова ставить, что̀ иногда можетъ повести къ ошибкѣ въ наблюденіяхъ, если футштокъ недостаточно точно установить на старое мѣсто.



Фиг. 158. Футштокъ.

Тамъ, гдѣ наблюденія надъ уровнемъ производятся постоянно или долгое время, устанавливаютъ болѣе прочные металлическіе футштоки, подобные изображенному на чертежѣ (фиг. 158). Такой футштокъ состоитъ изъ полосы кованаго чугуна толщиною въ 3 д. и шириною въ 5,5 д. Съ одной стороны къ нему приклепана такихъ же размѣровъ полоса желѣза, и оба они оцинкованы. Въ желѣзной полосѣ сдѣланы гнѣзда, расширяющіяся во внутрь и имѣющія на поверхности ширину въ одинъ дюймъ (изображенный футштокъ раздѣленъ на дюймы и футы). Въ эти гнѣзда вставляются бѣлыя пластинки изъ фарфора или молочнаго стекла, имѣющія форму призмы по размѣрамъ гнѣздъ. Футы, раздѣленные на дюймы, расположены въ шахматномъ порядкѣ, а подписи нанесены посрединѣ. Чтобы удерживать пластинки на мѣстахъ, а въ

случаѣ порчи, ихъ замѣнять, съ обѣихъ сторонъ футштока привинчены узкія полосы цинкованнаго желѣза, раздѣленныя на части и свинчивающіяся черезъ футштокъ болтами. На чертежѣ одна такая полоска показана отвинченною и пластинки выдвинутыми изъ гнѣздъ. Такіе приборы устанавливаются Главнымъ Гидрографическимъ Управленіемъ Морского вѣдомства на гидрометеорологическихъ станціяхъ. Футштокъ устанавливается нулемъ дѣленій внизъ и такъ, чтобы при самомъ низкомъ уровнѣ нуль не оголялся, а верхнее дѣленіе не уходило въ воду при высокомъ уровнѣ. Укрѣпляется футштокъ къ винтовой сваѣ по отвѣсу вертикально и наглухо; а для того, чтобы имѣть возможность наблюдать за неподвижностью прибора, неподалеку на берегу дѣлаютъ на зданіи или скалѣ горизонтальную высѣчку или укрѣпляютъ особую марку, которую нивеллировкою и связываютъ съ однимъ изъ дѣленій футштока, т.-е. съ его нулемъ; подобная нивеллировка повторяется время отъ времени, и если понадобится снять футштокъ для исправленія, то на его мѣсто можно будетъ поставить временной приборъ, а потомъ установить футштокъ назадъ и при помощи связочныхъ нивеллировокъ съ тою же маркою знать каждый разъ относительныя высоты нулей обоихъ футштоковъ и слѣдовательно приводить отсчеты уровней всегда къ одному и тому же нулю.

Если на станціи, гдѣ установленъ футштокъ, нѣтъ приливовъ или они очень малы, и уровень колеблется главнымъ образомъ подъ вліяніемъ вѣтра, то отсчеты высоты уровня производятъ или въ часы другихъ гидрометеорологическихъ наблюденій или въ случаяхъ особо высокихъ или низкихъ стояній уровня. Если же станція находится на берегу моря съ приливами, то отсчеты производятъ ежечасно не менѣе 15 дней подъ рядъ, потому что 15 дней охватываетъ періодъ измѣненія склоненія Луны отъ нуля до наибольшей величины, и слѣдовательно такія наблюденія дадутъ возможность получить понятіе о соотношеніи полусуточной и суточной составляющихъ прилива, т.-е. о степени правильности прилива. Для того же, чтобы получить матеріалъ для обработки прилива гармоническимъ анализомъ, необходимы болѣе продолжительныя ежечасныя наблюденія, хотя бы нѣсколько мѣсяцевъ, а еще лучше за цѣлый годъ. При всѣхъ такихъ наблюденіяхъ особенно важно подмѣтить моменты полной и малой воды, почему около нихъ и надо наблюдать почаще.

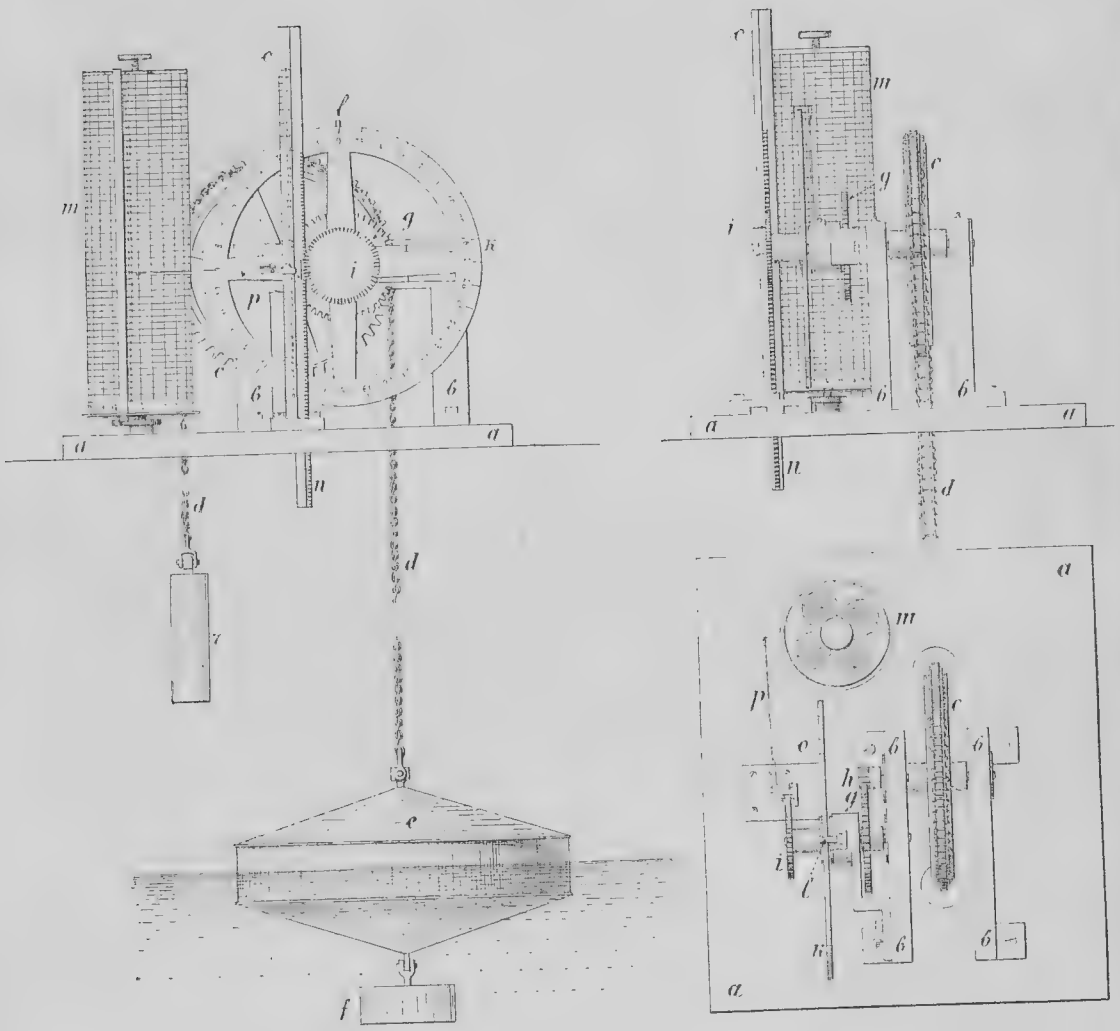
При выборѣ мѣста для наблюденія прилива не надо его брать очень глубоко въ заливѣ, чтобы интерференція или сейши не искажали мелкими колебаніями кривой записи прибора.

Самопишущій уровнемѣръ Рорданца можетъ отмѣчать колебанія уровня и въ натуральную величину и во сколько угодно разъ меньше, но обыкновенно не менѣе $^1/_{20}$. На чертежѣ (фиг. 159) этотъ приборъ изображенъ въ $^1/_{10}$ естественной величины, на лѣвой половинѣ весь приборъ полностью, а на правой—сбоку и сверху.

Основаніемъ прибора служитъ прямоугольная чугунная доска *a*—*a*, на ней установлены двѣ стойки *b*—*b* и въ нихъ укрѣплены подшипники для главнаго колеса *c*, которое свободно вращается между стойками *b*—*b*. По окружности колеса *c* сдѣлано 60 зубцовъ, каждый въ сантиметръ въ своемъ основаніи (слѣдов. окружн. *c* тоже 60 с.). На эти зубцы наложена цѣпь *d*, охватывающая каждымъ звеномъ по одному зубцу. Нижнимъ концомъ цѣпь закрѣплена за поплавокъ *e* съ грузомъ *f* подъ нимъ, а на другомъ концѣ цѣпи подвѣшенъ противовѣсъ *r*, служащій для выбиранія слабины цѣпи при подъемѣ уровня. Колебаніе уровня воды заставляетъ поплавокъ опускаться и подниматься, а вмѣстѣ съ нимъ перемѣщается и цѣпь, ворочая зубчатое колесо *c*, при чемъ передвиженіе поплавка на сколько-нибудь сантиметровъ влечетъ и поворотъ колеса *c* на столько же сантиметровъ.

Движенія поплавка, цѣпи и колеса *c* соотвѣтствуютъ колебанію уровня, и если бы они непосредственно передавались пишущей части, то и запись была бы въ натуральную величину. Для полученія записи въ уменьшенномъ размѣрѣ (для уменьшенія высоты цилиндра *m* и бумаги, на которой производится запись) дальнѣйшая передача движеній колеса *c* производится двумя зубчатыми колесами, подбирая отношеніе діаметровъ которыхъ, получаютъ запись, уменьшенную во сколько требуется разъ. На ось колеса *c* насажена шестерня *h*, сцѣпляющаяся съ зубчатымъ колесомъ *g*, на другомъ концѣ той же оси надѣто колесо *i*, которое сцѣпляется съ зубчатою полосою *n*, ходящею въ пазу линейки *o* съ дѣленіями. Къ зубчатой полосѣ *n* прикрѣпленъ указатель *p*, на концѣ коего надѣвается перо, записывающее на цилиндрѣ *m*.

Между зубчатками *i* и *g* на той же оси надѣто колесо *k*, большого діаметра, по окружности раздѣленное на 360° частей, вверху надъ колесомъ имѣется индексъ *l*, установленный на подшипникѣ колеса *k*. Дѣленія на колесѣ *k* нанесены такъ, что, когда уровень поднимается, то отсчеты по индексу *l* увеличиваются; то же самое и по линейкѣ *o* отсчеты при повышеніи уровня увеличиваются на одинаковое число дѣленій, какъ и на колесѣ *k*, и каждое дѣленіе соотвѣтствуетъ одному сантиметру.



Фиг. 159. Уровнемѣръ Рорданца.

Слѣдовательно, колебаніе уровня можно непосредственно отсчитывать по колесу k и по линейкѣ o.

На цилиндръ m надѣвается графленая бумага съ дѣленіями въ томъ же масштабѣ, что̀ и на линейкѣ o, а часовой механизмъ вращаетъ цилиндръ, дѣлающій въ сутки одинъ оборотъ.

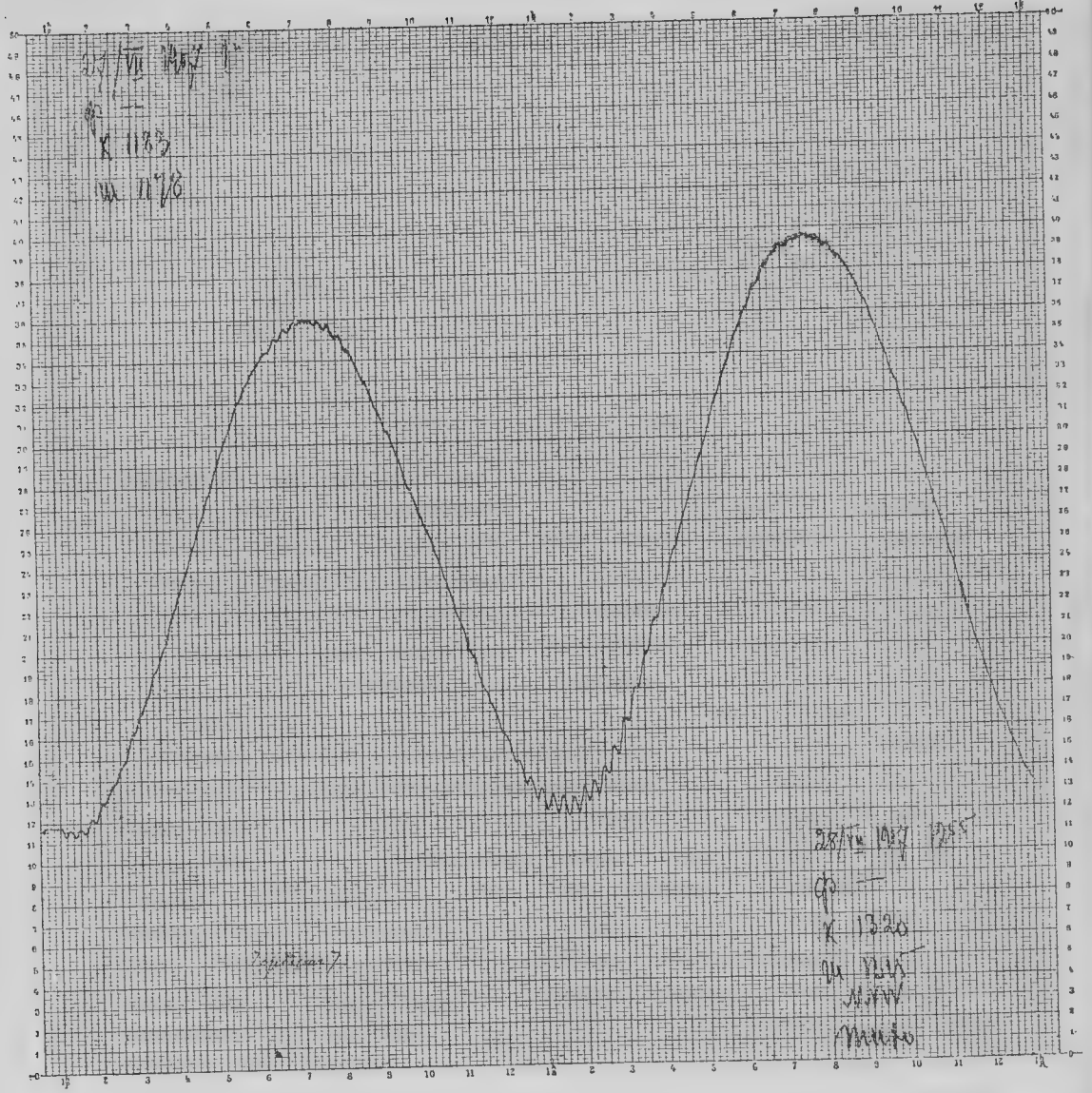
При установкѣ прибора зубчатая полоса n такъ устанавливается, чтобы отсчетъ по указателю p соотвѣтствовалъ отсчету по колесу k.

Тотъ же приборъ можетъ быть приспособленъ и для передачи колебаній уровня на какое угодно разстояніе, гдѣ и устанавливается вторая записывающая часть. Передача производится электрическимъ токомъ по тремъ проводамъ, токъ при помощи электромагнитовъ передвигаетъ указатель записывающей части прибора вверхъ и внизъ одновременно съ движеніями такого же указателя на приборѣ, стоящемъ около берега моря и непосредственно наблюдающемъ колебаніе уровня.

При уровнемѣрѣ необходимо имѣть рядомъ съ нимъ и футштокъ, чтобы, ежедневно сличая отсчеты по футштоку съ отсчетами на уровнемѣрѣ, повѣрять послѣдній. Обыкновенно такая повѣрка дѣлается дважды въ сутки, въ началѣ записи на цилиндрѣ m и въ концѣ, чтобы быть увѣреннымъ, что въ теченіе сутокъ запись шла все время отъ одной и той же нулевой черты на бумагѣ. Для этого каждый день прежде нежели снимать бумагу съ цилиндра m (обыкновенно въ 12 ч. 50 м. дня) замѣчаютъ отсчетъ по футштоку и отсчетъ на колесѣ k и записываютъ ихъ въ журналъ наблюденій; снявъ затѣмъ бумагу съ цилиндра, въ правомъ нижнемъ углу пишутъ число мѣсяца и годъ, къ которымъ относится конецъ записи на бумагѣ, потомъ отсчеты: по футштоку, по колесу k и по линейкѣ o. На новомъ же листѣ бумаги пишутъ въ лѣвомъ верхнемъ углу число мѣсяца и годъ начала записи на этомъ мѣстѣ и отсчеты: по футштоку, колесу k и линейкѣ o, относящіеся къ моменту начала записи (обыкновенно въ 1 ч. дня, т.-е. черезъ 10 м. послѣ первыхъ отсчетовъ, считая, что десять минутъ уходитъ на снятіе бумаги съ цилиндра m, заводъ часовъ, накладываніе бумаги и пусканіе въ ходъ). На фиг. 160 всѣ эти записи имѣются.

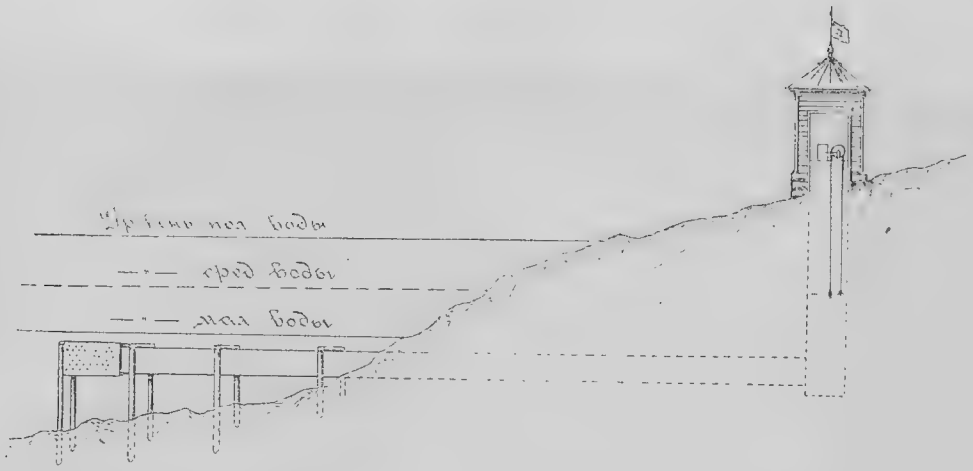
Отсчеты футштока и колеса должны совпадать, если бы они и не совпадали, то изъ ихъ разности будетъ видно, насколько надо поднять или опустить нулевую черту, обыкновенно совпадающую съ нижнимъ краемъ бумаги. На приложенномъ чертежѣ (фиг. 160) данъ примѣръ нѣсколько уменьшенной записи уровнемѣра Рорданца для Екатерининской гавани въ сизигію 5—6-го Ноября 1906 г. въ тихую погоду.

Для установки уровнемѣра на берегу могутъ быть примѣнены различныя устройства въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, напримѣръ, на о-вѣ Лангръ и въ зал. Де-Кастри приборъ былъ установленъ на деревянныхъ срубахъ, загруженныхъ камнями, но самый лучшій способъ показанъ на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 161). Приборъ установленъ въ особой будкѣ на берегу, подъ нею устроенъ колодецъ, соединяющійся



Фиг. 160. Запись уровнемѣра Рордачца въ Екатерининской гавани на Мурманѣ.

трубою съ моремъ. Отверстіе трубы покрыто сѣткою для предупрежденія засоренія и расположено ниже уровня самыхъ малыхъ водъ.



Фиг. 161. Установка уровнемѣра на берегу.

Кромѣ уровнемѣра Рорданца, существуетъ еще много подобныхъ приборовъ, болѣе или менѣе на него похожихъ и не вошедшихъ въ употребленіе въ Россіи. Кромѣ того, имѣются еще особые уровнемѣры, которые можно опускать на дно моря вдали отъ береговъ и получать такимъ путемъ запись наблюденій надъ приливомъ въ нѣкоторомъ удаленіи отъ береговъ, что̀ чрезвычайно важно для изученія характера явленія, его распространенія по океану и его пониманія.

Такіе приборы есть и англійскіе, и нѣмецкіе, и французскіе, но изъ нихъ до сихъ поръ только французскіе успѣли быть обстоятельно изучены, испытаны и послужить для ряда обстоятельныхъ наблюденій у береговъ Франціи при гидрографическихъ работахъ и во французской южной полярной экспедиціи доктора Шарко (1908—1910 г.) *). Такимъ образомъ приборъ французскаго инженеръ-гидрографа Фаве выдержалъ уже большое испытаніе и оказался удовлетворяющимъ своему назначенію. До глубинъ въ 200 м. уровнемѣръ Фаве работалъ вполнѣ исправно и можетъ работать до глубинъ въ 400 м., въ настоящее же время испытываются приспособленія, которыя должны дать прибору возможность работать на океанскихъ глубинахъ до 4.000—6.000 метровъ (2 — 3.000 м. с.).

*) Въ этой экспедиціи наблюдали на зимовкѣ 225 дней безъ перерыва при помощи двухъ приборовъ, смѣнявшихъ другъ друга, и, кромѣ того еще во многихъ мѣстахъ вдоль побережья Антарктическаго континента, вездѣ, гдѣ корабль экспедиціи стоялъ хотя бы нѣсколько сутокъ.

ГЛАВА X.

Теченія.

Описаніе и опредѣленіе явленія океаническихъ теченій.—Историческая замѣтка объ изученіи теченій.—Раздѣленіе теченій.—Способы изслѣдованія теченій.—Наблюденіе поверхностныхъ теченій.—Наблюденіе глубоководныхъ теченій.—Способы обработки наблюденій теченій, произведенныхъ на судахъ, и ихъ графическаго изображенія на картахъ.—Вліяніе вращенія земли на теченія.—Причины океаническихъ теченій.—Общая схема теченій океановъ.—Описаніе теченій океановъ: Атлантическій океанъ, Индійскій океанъ и Тихій океанъ.—Непрерывное кольцо Восточнаго теченія въ большихъ южныхъ широтахъ всѣхъ трехъ океановъ и теченія въ антарктическихъ водахъ.—Глубоководныя теченія во всѣхъ трехъ океанахъ и вертикальный круговоротъ воды въ каждомъ изъ нихъ.

Описаніе и опредѣленіе явленія океаническихъ теченій.—Всѣ разобранныя въ главахъ о волненіи и приливахъ движенія водныхъ частицъ въ океанѣ или имѣютъ колебательный характеръ или, если и сопровождаются передвиженіемъ частицъ, какъ въ приливныхъ теченіяхъ, то на сравнительно небольшія разстоянія и въ теченіе короткихъ промежутковъ времени.

Кромѣ подобныхъ движеній, въ Міровомъ океанѣ наблюдаются еще иныя, при которыхъ частицы воды переносятся на очень большія разстоянія, тысячи миль, при чемъ пути, направленія и скорости этихъ движеній въ океанѣ въ нѣкоторыхъ предѣлахъ остаются одни и тѣ же изъ года въ годъ, или въ другихъ случаяхъ имѣютъ періодическій или даже случайный характеръ. Такія передвиженія частицъ воды называются океаническими теченіями или просто теченіями.

Океаническое теченіе нерѣдко охватываетъ огромную массу воды, распространяясь широкою полосою не только по поверхности океана, но и захватывая слой нѣкоторой глубины (вообще очень незначительный, особенно сравнительно съ глубиною океана). Кромѣ такихъ движеній воды въ поверхностныхъ слояхъ, океаническія теченія существуютъ и на различныхъ глубинахъ, иногда очень большихъ, представляя собою подводныя части и вѣтви одного общаго круговорота океаническихъ водъ.

Поверхностная система океаническихъ теченій составляетъ только

часть этого круговорота, болѣе обстоятельныя свѣдѣнія о коемъ только въ самое послѣднее время начинаютъ появляться въ океанографіи.

Историческая замѣтка объ изученіи теченій.—Первыя указанія на существованіе морскихъ теченій встрѣчаются у древнихъ греческихъ ученыхъ; Аристотель вполнѣ опредѣленно говоритъ о теченіяхъ въ проливахъ Керченскомъ, Босфорскомъ и Дарданеллахъ. Его ученикъ Теофрастъ упоминаетъ о подобномъ же теченіи въ Гибралтарскомъ проливѣ. Потомки лучшихъ мореплавателей древности финикіанъ—кароагеняне, повидимому, имѣли какое-то представленіе о Саргассовомъ морѣ, столь связанномъ съ теченіями сѣверной части Атлантическаго океана.

Въ средніе вѣка (XI, XII и XIII ст.) норвежцы открыли морской путь изъ сѣверной Европы сперва въ Исландію, а затѣмъ въ Гренландію и Сѣв. Америку. Въ этихъ плаваніяхъ норманны познакомились съ морскими теченіями, какъ это видно по тѣмъ названіямъ, которыя они давали встрѣчавшимся по пути примѣтнымъ мѣстамъ, какъ напримѣръ: — о-въ Теченій (Straumsöe), заливъ Теченій (Straumfiords), мысъ Теченій (Straumnäss) *). Арабы, такъ много плававшіе по Индійскому ок. и установившіе морское сообщеніе между Китаемъ, Месопотаміей и Египтомъ, были знакомы съ муссонными теченіями. Арабы, несомнѣнно, спускались на югъ вдоль береговъ Африки, гдѣ также ознакомились съ теченіемъ Мозамбикскаго пролива. Въ концѣ XIII ст. генуезцы и венеціанцы вновь открыли Канарскіе о-ва, а въ XIV ст. и Азорскій архипелагъ, при чемъ они должны были ознакомиться и съ океаническими теченіями. Въ серединѣ XV ст. португальцы и испанцы обладали уже несомнѣнными свѣдѣніями объ океаническихъ теченіяхъ; такъ, португальскій морякъ Педро де-Веласко въ 1452 г. во время своего плаванія на западъ изъ порта Фаяль (Азорскіе о-ва) открылъ о-въ Флоресъ (Азорскіе о-ва) и отсюда, взявъ курсъ на NE, дошелъ до Ирландіи вдоль по теченію вѣтви Гольфстрима. Португальцы при своемъ движеніи на югъ, вдоль береговъ Африки, познакомились съ Гвинейскимъ и Бенгуельскимъ теченіями, а Васко да-Гама, въ концѣ XV ст., во время перваго своего плаванія въ Индію, замѣтилъ Мозамбикское теченіе. Португальцы задолго до Колумба знали о существованіи Саргассова моря къ западу отъ Азорскихъ о-въ.

*) Повидимому, эти мѣста лежали около мыса Кодъ, т.-е. при входѣ въ Бостонъ и Нью-Іоркъ.

Первое обстоятельное наблюденіе надъ теченіями въ открытомъ океанѣ было произведено Колумбомъ во время его перваго плаванія въ Америку, а именно 13-го Сент. 1492 г. въ 27° с. ш. и 40° з. д. онъ по отклоненію лота, опущеннаго глубоко въ воду, замѣтилъ, что судно несетъ теченіемъ на SW. Послѣдующія плаванія Колумба (1494— 1498 г., 1502—1503 г., 1504—1506 г.) ознакомили его еще болѣе съ сѣвернымъ экваторіальнымъ теченіемъ и дали ему возможность высказать, что воды океана вдоль экватора двигаются «вмѣстѣ съ небеснымъ сводомъ» къ западу. Въ четвертое свое плаваніе (1502—1503 г.) Колумбъ открылъ теченіе, идущее вдоль берега Гондураса.

Почти одновременно (1497 г.) были открыты вновь европейцами берега Лабрадора (57° с. ш.) и берега Америки далѣе на югъ до 38° с. ш. венеціанцемъ Себастіаномъ Каботомъ, натурализовавшимся въ Англіи. При этомъ онъ познакомился съ холоднымъ Лабрадорскимъ теченіемъ; а на обратномъ пути въ Англію онъ прошелъ вдоль Гольфстрима и былъ первымъ морякомъ, который имъ воспользовался вполнѣ сознательно, потому что онъ это «западное теченіе» связалъ съ открытымъ немного ранѣе испанцами экваторіальнымъ теченіемъ.

Немного позже (1499—1500 г.) испанцы Пинзонъ и Лепе, соперники Колумба, въ свое плаваніе къ берегамъ Южной Америки открыли Гвіанское теченіе, и одновременно (1500 г.) португальскій мореплаватель Кабраль послѣ своего плаванія вокругъ Африки прошелъ южнымъ экваторіальнымъ теченіемъ до Бразиліи и вдоль берега послѣдней одноименнымъ съ ней теченіемъ прошелъ на югъ.

Въ 1513 г. испанскіе мореплаватели Понсъ де-Леонъ и Антоніо де-Аламиносъ, во время своего плаванія отъ о-ва Порторико на сѣверъ вдоль восточной окраины Багамскихъ о-въ, пересѣкли струю Гольфстрима, при чемъ на обратномъ пути, несмотря на попутный вѣтеръ, корабли ихъ относило на сѣверъ. Впослѣдствіи Аламиносъ воспользовался этимъ открытіемъ и, когда въ 1519 г. Кортецъ послалъ его съ извѣщеніемъ о покореніи Мексики въ Испанію, онъ избралъ путь черезъ Флоридскій пр. и вдоль Гольфстрима до Европы, послѣ чего всѣ стали пользоваться этимъ путемъ при переходахъ изъ центральной Америки въ Европу.

Такимъ образомъ въ теченіе послѣднихъ десяти лѣтъ XV ст. и начала XVI ст. европейцы открыли почти всѣ главнѣйшія теченія Атлантическаго океана и нѣкоторыя Индійскаго.

Плаванія XVI ст., открывшія передъ европейцами громадныя пространства Тихаго ок., постепенно ознакомили ихъ съ общею системою океаническихъ теченій настолько, что въ XVII ст. появились уже труды, описывавшіе общую систему теченій въ океанѣ; такъ, въ 1643 г. Фурнье въ своей «Гидрографіи» и Вареніусъ въ 1650 г. въ своей «Географіи» дали схему теченій океановъ, какъ ее тогда понимали. Послѣдній высказалъ при этомъ совершенно вѣрную мысль, что, «если одна часть океанической воды движется, то и вся масса океаническихъ водъ должна находиться въ движеніи».

Въ 1678 г. іезуитъ А. Кирхеръ издалъ въ Амстердамѣ сочиненіе „Mundus subterraneus“, представляющее описаніе всей природы земного шара и всѣхъ извѣстныхъ тогда естественно-историческихъ явленій. Въ немъ есть отдѣлъ, книга III, посвященный океану, и тамъ помѣщена первая карта океаническихъ теченій, уменьшенная копія съ которой и дана (фиг. 162) здѣсь. Нѣкоторое представленіе о теченіяхъ океановъ, какъ видно на этой картѣ, въ то время уже существовало, конечно, свѣдѣнія были только качественныя, т.-е. указывалось существованіе теченій и только; объ ихъ скоростяхъ, границахъ, физическихъ свойствахъ водъ, въ нихъ участвовавшихъ, не было никакихъ данныхъ. Такое положеніе вещей совершенно понятно; дѣйствительно, долгое время не существовало никакого способа опредѣленія долготы корабля въ морѣ, а опредѣленіе одной только широты не могло давать положенія судна, независимо отъ вліянія теченія на его плаваніе, т.-е. скорость теченія нельзя было вывести.

Опредѣленіе долготы корабля въ морѣ стало возможно только послѣ изобрѣтенія хронометра (1767 г.—Леруа). Съ этого времени астрономическое опредѣленіе мѣста въ морѣ внѣ видимости береговъ могло давать положеніе корабля вполнѣ независимо отъ его плаванія, и потому сравненіе астрономическаго положенія судна съ его мѣстомъ, полученнымъ изъ навигаціонныхъ данныхъ (по его курсамъ и переплытымъ разстояніямъ), показывало по скорости и по направленію то теченіе, которое дѣйствовало на корабль въ пути между двумя послѣдовательными астрономическими опредѣленіями мѣста корабля.

Къ этому же періоду относятся и другія усовершенствованія въ области мореходной астрономіи, также содѣйствовавшія достиженію большей точности астрономическихъ опредѣленій. Такъ, астрономъ Гадлей построилъ свой октантъ, а механикъ Доллондъ въ Лондонѣ — первый секстантъ; къ этому же времени относится важное для мореплаванія учре-

Фиг. 162. Первая карта течений А. Кирхера 1678 года.

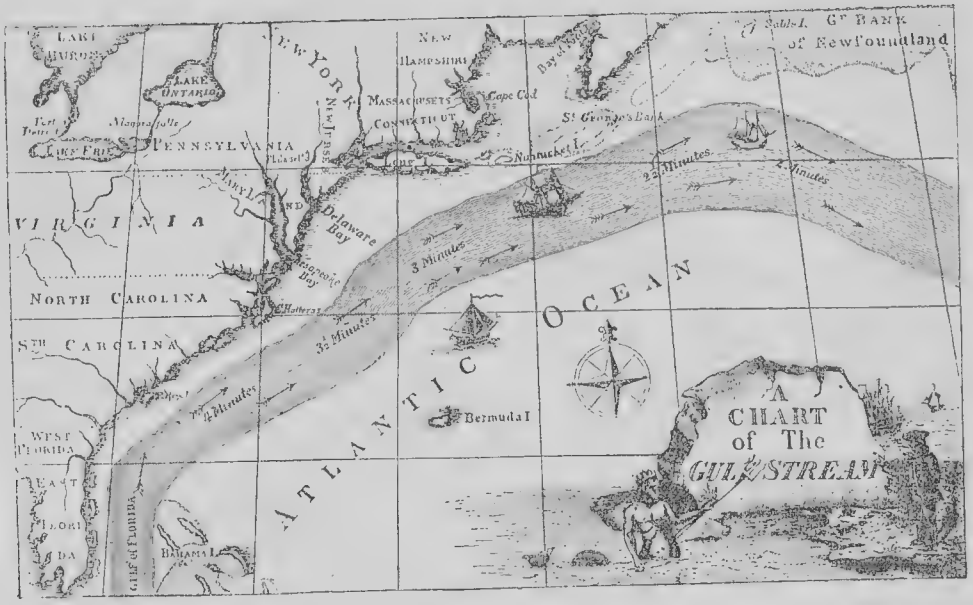
жденіе въ Англіи комиссіи по составленію «Морского мѣсяцеслова» (первый Nautical Almanac въ 1767 г.), все это вмѣстѣ способствовало дѣлу изученія направленія и скорости теченій въ океанѣ.

Изученіе физическихъ свойствъ теченій также долго не могло осуществляться вслѣдствіе отсутствія соотвѣтствующихъ для того пріемовъ и приборовъ.

Къ этому надо присоединить еще одну причину: конецъ XVII и половина XVIII ст. соотвѣтствуютъ совершенному застою въ дѣлѣ научнаго изученія океановъ, торговое же мореплаваніе, не руководимое никакою научною идеей, само по себѣ никогда не дастъ никакихъ результатовъ, полезныхъ для морского дѣла вообще; опытъ каждаго моряка съ нимъ и отходитъ въ вѣчность. Къ тому же отдѣльные, мало провѣренные и не сравненные между собою случаи наблюденій никогда не дадутъ того, что получается отъ научно собраннаго и обработаннаго матеріала.

Научныя изслѣдованія океановъ возобновились только послѣ плаваній Кука (1768—1780 г.), и только послѣ нихъ сталъ накопляться и матеріалъ по морскимъ теченіямъ.

Къ этому же времени относится первая научная попытка изученія теченія, предпринятая В. Франклиномъ въ Соед. Штатахъ. Будучи въ то время (1770 г.) почтъ-директоромъ, онъ обратилъ вниманіе на жалобы, что почтовые пакеты, посылаемые изъ Фальмута въ Нью-Іоркъ, шли на двѣ недѣли дольше, чѣмъ обыкновенныя торговыя суда въ то время ходили изъ Лондона въ Ньюпортъ (городъ штата Родъ Айлендъ, нѣсколько вост. Нью-Іорка), несмотря на то, что почта перевозилась на особыхъ судахъ и шла отъ южныхъ береговъ Англіи. Оказалось, что виною тому былъ Гольфстримъ; почтовыми судами командовали англійскіе моряки, незнакомые съ этимъ теченіемъ, а торговыми судами командовали американскіе моряки, которые были хорошо съ нимъ ознакомлены смолоду, принимая участіе въ морскихъ промыслахъ у береговъ Америки. Когда именно американцы пріобрѣли свой опытъ пользованія Гольфстримомъ, не выяснено, но очевидно, что безъ особыхъ разспросовъ и заботъ Франклина эти свѣдѣнія еще долго оставались бы никому неизвѣстными. По его настоянію моряки впервые стали наносить свои наблюденія на карты, результатомъ чего была первая карта Гольфстрима, составленная Франклиномъ, копія которой помѣщена здѣсь (фиг. 163); отсюда еще разъ видно, какъ мало полезны для человѣчества наблюденія, не руководимыя и не одушевляемыя научною мыслью.



Фиг. 163. Первая карта Гольфстрима, составленная В. Франклиномъ въ 1770 г.

Въ началѣ XIX ст. (1814 г.) извѣстный натуралистъ А. Гумбольдтъ, на основаніи своихъ 16 пересѣченій Гольфстрима и другихъ свѣдѣній, впервые высказалъ мысль, что это теченіе измѣняется въ продолженіе года и по силѣ, и по направленію, и по размѣрамъ.

Большое количество наблюденій надъ теченіями было собрано Великобританскимъ Адмиралтействомъ за первую четверть XIX ст., эти матеріалы были разработаны Джемсомъ Реннелемъ, который показалъ способъ ихъ обработки и составилъ первый атласъ теченій сѣвернаго Атлантическаго ок. (1832 г.), сборный листъ котораго (фиг. 164, см. стр. 412) показываетъ, насколько къ этому времени уже подвинулось знакомство съ теченіями этой части океана.

Подобная же обработка была выполнена нѣсколько ранѣе французскимъ ученымъ Роммъ въ 1818 г., но въ меньшихъ размѣрахъ.

Въ серединѣ XIX ст. (1840—1850 г.) американскаго военнаго флота лейтенантъ Мори, столь извѣстный своими трудами по морской метеорологіи, не мало сдѣлалъ и для изученія океаническихъ теченій; онъ издалъ нѣсколько картъ теченій океановъ въ своихъ лоціяхъ (Sailing directions), бывшихъ первыми трудами такого рода.

Накопленіе и обработка матеріаловъ наблюденій надъ теченіями

Фиг. 164. Карта теченій сѣв. Атлантическаго ок. Д. Реннеля 1832 г.

позволили Гейнриху Берггаузу уже дать въ своемъ физико-географическомъ атласѣ (1837—1852 г.) карту теченій всѣхъ трехъ океановъ.

Развитіе мореплаванія потребовало подробнаго описанія теченій, и въ отвѣтъ на это требованіе были изданы во второй половинѣ XIX ст. (въ 1866 г.) первыя лоціи океановъ, содержащія много свѣдѣній по физической географіи океановъ. Онѣ были составлены А. Финдлеемъ въ Лондонѣ, обработавшимъ заново весь громадный матеріалъ по этому вопросу. Впослѣдствіи эти лоціи выдержали много изданій, а на французскомъ языкѣ появились такіе же труды Керхаллэ.

Въ новѣйшее время были изданы Гидрографическимъ департаментомъ Великобританскаго Адмиралтейства атласы теченій для каждаго мѣсяца и по четвертямъ года для трехъ океановъ. Голландскій метеорологическій институтъ въ Утрехтѣ издалъ подобные атласы теченій для части тропическаго Атлантическаго ок. и для Индійскаго ок. Германская Морская Обсерваторія въ Гамбургѣ издала подобные же атласы для всѣхъ трехъ океановъ и одинъ особенно подробный для Индійскаго ок. и восточно-азіатскихъ водъ. Кромѣ того, германскій океанографъ Г. Шоттъ выпустилъ три изданія карты теченій всѣхъ трехъ океановъ (3-е въ 1909 г.).

Въ послѣднее десятилѣтіе появилось большое число теоретическихъ работъ и обработокъ матеріаловъ по теченіямъ (Нансенъ, Экманъ, Сандштрёмъ, Петтерсонъ, Бьеркнесъ, Форчъ, Галле и др.), оживившихъ интересъ къ вопросу о причинахъ происхожденія теченій и выяснившихъ нѣкоторыя особенности этого явленія, на которыя до сихъ поръ не обращали вниманія. Новѣйшія теоретическія изученія явленія океаническихъ теченій значительно подвинули впередъ пониманіе ихъ (особенно Нансенъ, Экманъ и Бьеркнесъ) и доказали необходимость тщательныхъ наблюденій на поверхности и на глубинахъ въ океанахъ.

Раздѣленіе теченій.—Теченія могутъ быть раздѣляемы на группы по различнымъ внѣшнимъ признакамъ, напримѣръ, могутъ быть теченія *постояннаго* и *періодическаго* характера. Первыя изъ года въ годъ идутъ въ среднемъ по тому же самому направленію, сохраняютъ въ тѣхъ же мѣстахъ свою среднюю скорость и массу; вторыя измѣняютъ только-что указанныя свойства періодически (муссонныя теченія). Случайныя обстоятельства также могутъ вызывать иногда довольно замѣтныя, но кратковременныя или *случайныя* теченія.

Океаническія теченія всегда представляютъ переносъ частицъ воды изъ одного мѣста океана въ другое, и такъ какъ вода отличается очень большою теплоемкостью, то при такомъ переносѣ частицъ послѣднія очень медленно теряютъ свое тепло и, кромѣ того, сохраняютъ свою соленость. Такимъ образомъ вода теченій всегда обладаетъ иными физическими свойствами, нежели та, среди которой идетъ теченіе; при этомъ, если температура воды теченія выше таковой же въ окружающей водѣ, то теченіе называютъ *теплымъ* независимо отъ числа градусовъ его температуры. Если же температура воды теченія ниже окружающей, то теченіе будетъ *холодное*.

Теченіе всегда захватываетъ нѣкоторый слой воды въ глубину, но бываютъ теченія совершенно незамѣтныя на поверхности, а существующія только на глубинѣ. Первыя называются *поверхностными*, а вторыя—*подводными* или *глубинными*.

Наконецъ могутъ быть теченія, идущія близко у дна, тогда ихъ называютъ *придонными*.

По своему происхожденію теченія бываютъ: *дрейфовыми, сточными* и *компенсаціонными* (восполняющими).

Подъ именемъ дрейфовыхъ теченій понимаются такія движенія поверхностныхъ водъ, которыя возникли исключительно вслѣдствіе трепія (тангенціальнаго — объясненіе см. теорія Экмана) вѣтра о водную поверхность. Чисто-дрейфовыхъ теченій, вѣроятно, и не существуетъ въ океанахъ, потому что всегда имѣются налицо еще и другія причины, возбуждающія движеніе воды; однако въ случаяхъ, когда вліяніе вѣтра, какъ причины возникновенія теченія, является главнѣйшимъ, то такое теченіе называютъ дрейфовымъ. Далѣе въ описаніи теченій во многихъ мѣстахъ сдѣланы указанія на подобные случаи.

Теченіе называется сточнымъ, когда оно есть послѣдствіе накопленія воды, вызывающаго въ свою очередь измѣненіе гидростатическаго давленія въ различныхъ мѣстахъ на тѣхъ же самыхъ уровенныхъ поверхностяхъ разныхъ глубинъ. Накопленіе воды можетъ произойти отъ разныхъ причинъ: и отъ вліянія вѣтровъ, и отъ избытка притока прѣсныхъ рѣчныхъ водъ, или обильнаго выпаденія атмосферныхъ осадковъ, или таянія льдовъ. Наконецъ на измѣненіе гидростатическаго давленія можетъ вліять и неравномѣрное распредѣленіе плотности, и слѣдовательно точно также быть причиною возникновенія сточнаго теченія.

Подъ компенсаціоннымъ теченіемъ понимается такое движеніе воды, которое восполняетъ убыль воды (т.-е. уменьшеніе гидростатическаго давленія), происшедшую по какой-либо причинѣ въ нѣкоторой области океана вслѣдствіе оттока воды.

Вертикальныя движенія, постоянно происходящія въ океанѣ, носятъ названія или конвекціонныхъ движеній (см. стр. 177), или просто поднятій и опусканій воды.

Способы изслѣдованія теченій. — Для изслѣдованія теченій примѣняются очень разнообразные способы, они могутъ быть *непосредственными* и *посредственными*. Къ непосредственнымъ относятся: сличеніе обсервованнаго и счислимаго мѣстъ корабля, опредѣленіе теченій

при помощи вертушекъ, поплавковъ, бутылокъ, плавающихъ остатковъ судовъ, потерпѣвшихъ аварію, плавающихъ естественныхъ предметовъ (плавникъ, водоросли, льды).

Къ числу посредственныхъ или косвенныхъ способовъ наблюденій теченій относятся: одновременныя наблюденія температуры и солености, наблюденія надъ распространеніемъ пелагическаго планктона или вообще надъ распространеніемъ морскихъ животныхъ, такъ какъ ихъ существованіе находится въ зависимости отъ физическихъ свойствъ морской воды.

Большая часть изъ указанныхъ пріемовъ можетъ быть примѣнена и къ изученію подводныхъ теченій.

Наблюденіе поверхностныхъ теченій.—*Сравненіе обсервованнаго и счислимаго мѣстъ корабля.*—Основной способъ изслѣдованія *поверхностныхъ* теченій состоитъ: въ сравненіи мѣстъ корабля, полученныхъ обсерваціей, т.-е. астрономическими наблюденіями по широтѣ и долготѣ, съ его положеніями, полученными навигаціоннымъ путемъ по счисленію, т.-е. послѣдовательною прокладкою курсовъ корабля на картѣ и отложеніемъ на курсахъ переплытыхъ разстояній. Навигаціонныя данныя: направленіе курса и скорость корабля находятся подъ вліяніемъ передвиженія того поверхностнаго слоя воды, среди котораго корабль прокладываетъ себѣ путь, а потому въ нихъ входитъ по величинѣ и по направленію поверхностное теченіе. Астрономическія же опредѣленія мѣста корабля независимы отъ вліянія теченія, потому обсервованное мѣсто корабля при существованіи теченія никогда не совпадаетъ со счислимымъ его мѣстомъ. Если бы астрономическій и навигаціонный способы опредѣленія мѣста корабля не заключали въ себѣ никакихъ ошибокъ, то, соединивъ на картѣ оба мѣста корабля, получили бы среднее направленіе теченія за промежутокъ времени отъ того мѣста корабля, откуда начали производить прокладку курса, до момента производства астрономическихъ наблюденій. Измѣривъ линію, соединяющую счислимое и обсервованное мѣста корабля, и раздѣливъ ее на число часовъ въ вышеуказанномъ промежуткѣ времени, получимъ среднюю часовую скорость теченія. Обыкновенно на судахъ торговаго флота астрономическія наблюденія производятся разъ въ сутки, при чемъ предшествовавшее обсервованное мѣсто служитъ исходнымъ для счисленія слѣдующихъ сутокъ; тогда полученное теченіе по направленію и по скорости будетъ среднимъ за предшествовавшіе 24 часа.

Въ дѣйствительности оба указанныхъ способа опредѣленія мѣста

корабля имѣютъ свои ошибки, которыя полностью и входятъ въ величину опредѣляемаго теченія. Ошибка астрономическаго мѣста корабля въ настоящее время оцѣнивается въ 3′ меридіана или 3 морскія мили (5,6 кил.); ошибка же въ счислимомъ мѣстѣ всегда больше. Такимъ образомъ, если полученное за сутки теченіе представляетъ всего около 5—6 морскихъ миль (9—11 к.), то эта величина не можетъ быть приписана теченію, потому что она находится въ предѣлахъ ошибокъ опредѣленій мѣстъ корабля, и такіе случаи при обработкѣ наблюденій надъ теченіями считаются за случаи, когда теченія не было вовсе.

Карты океаническихъ теченій основаны на десяткахъ тысячъ наблюденій такого рода, и для большей части квадратовъ *) имѣются сотни случаевъ судовыхъ наблюденій теченій, а потому случайныя причины неточностей опредѣленій теченій, а также и случайныя направленія и скорости теченій остаются безъ вліянія на средніе выводы.

Во всякомъ случаѣ, картографическая обработка теченій на основаніи судовыхъ наблюденій ихъ гораздо труднѣе и сложнѣе, нежели такая же обработка другихъ элементовъ: температуры, солености и т. п. **).

Главнѣйшія причины ошибокъ въ опредѣленіяхъ мѣстъ корабля въ открытомъ океанѣ состоятъ въ слѣдующемъ.

Въ астрономическомъ способѣ главные источники ошибокъ заключаются въ часто бывающей неясности естественнаго (видимаго) горизонта, надъ которымъ берется высота свѣтила, и неточномъ знаніи земной рефракціи, которая при неясномъ горизонтѣ не можетъ быть найдена изъ наблюденій, и наконецъ въ недостаточномъ изслѣдованіи секстана. Затѣмъ хронометры, несмотря на всѣ ихъ усовершенствованія, вслѣдствіе накопленія ошибки въ суточномъ ходѣ, на измѣненіе котораго вліяетъ и качка на волненіи и сотрясенія отъ ударовъ волнъ и на паровыхъ судахъ сотрясенія отъ машины, всегда даютъ время отъ исходнаго меридіана не точно, что̀ входитъ цѣликомъ въ ошибку долготы.

Въ навигаціонномъ способѣ главнѣйшія ошибки происходятъ отъ слѣдующихъ причинъ: корабль никогда не идетъ точно по предполагаемому курсу, потому что рулевой всегда немного вплетъ; корабль по разнымъ причинамъ (волненіе, вѣтеръ, неравномѣрность въ ходѣ) сходитъ съ линіи курса, а рулевой старается приводить его на курсъ. Компасъ корабля хотя и исправленъ отъ вліянія судового желѣза—девіаціи, но тѣмъ не менѣе нѣкоторая величина девіаціи компаса всегда остается, слѣдовательно, курсъ, по которому идутъ, въ дѣйствительности иной, чѣмъ предполагаемый. Переплытое разстояніе въ настоящее время опредѣляется гораздо лучше, нежели раньше, благодаря разнымъ механическимъ лагамъ, дающимъ прямо переплытое разстояніе, а не скорость корабля для разныхъ моментовъ. Но все-таки и при такомъ способѣ въ опредѣленіи переплытаго разстоянія есть ошибки.

---

*) Квадратами называются четыреугольники, образуемые на картѣ въ меркаторской проекціи меридіанами и параллелями, обыкновенно черезъ 5° по широтѣ и долготѣ.

**) Объ этомъ см. дальше, стр. 441.

Такъ какъ въ морѣ широты опредѣляются точнѣе долготъ, то вслѣдствіе этого всѣ вообще судовыя опредѣленія теченій преувеличиваютъ величину той составляющей теченій, которая направлена къ востоку или къ западу.

Всѣ эти источники ошибокъ въ опредѣленіяхъ мѣстъ корабля въ морѣ на судахъ военныхъ флотовъ оказываютъ наименьшее вліяніе на точность мѣстъ корабля; на судахъ большихъ пароходныхъ компаній, содержащихъ почтовые рейсы, ошибки уже нѣсколько больше, а на обыкновенныхъ грузовыхъ судахъ эти ошибки достигаютъ наибольшаго размѣра. Между тѣмъ по числу наблюденій послѣдній родъ судовъ во много разъ превосходитъ первые два.

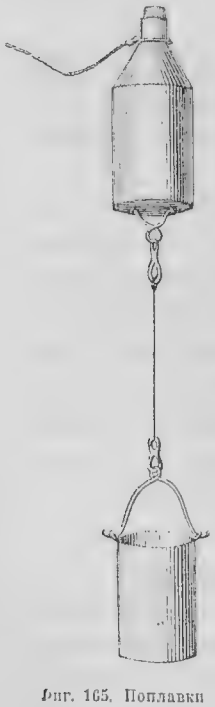
При теченіяхъ, имѣющихъ значительныя скорости, можно пользоваться пріемомъ, предложеннымъ генералъ-лейтенантомъ М. Е. Жданко (Зап. по Гидрогр., 1913 г.), позволяющимъ опредѣлять теченіе за болѣе короткіе промежутки, нежели 24 ч., при помощи полученія четырехъ Сомперовыхъ линій изъ астрономическихъ наблюденій. При этомъ, если наблюдатель искусный и судовые инструменты въ полномъ порядкѣ, изслѣдованы и поправки ихъ извѣстны, то, какъ показываетъ примѣръ, данный М. Е. Жданко, и опредѣленія теченія получаются достаточно надежными, а вмѣстѣ съ этимъ увеличивается въ значительной степени точность изученія теченій, понимая здѣсь подъ точностью опредѣленіе теченія нѣсколько разъ за 24 ч. вмѣсто нахожденія средняго теченія за сутки. Послѣднее, какъ мы знаемъ, часто не соотвѣтствуетъ теченіямъ, имѣвшимъ мѣсто въ продолженіе сутокъ въ той части моря, которою проходилъ корабль. Это замѣчаніе справедливо и для большей части океанической поверхности, а не только для морей. Возможность опредѣлить теченія чаще, чѣмъ за 24 ч., очень важна, и потому указываемый способъ интересенъ.

Все сказанное выше относилось къ наиболѣе часто бывающему случаю опредѣленія теченія въ открытомъ океанѣ; въ виду же береговъ тотъ же самый способъ сличенія обсервованнаго и счислимаго мѣста корабля, сохраняя свое значеніе, становится несравненно точнѣе; потому что вмѣсто астрономическаго способа опредѣленія обсервованнаго мѣста пользуются пріемомъ опредѣленія его по наблюденіямъ береговыхъ предметовъ, положеніе коихъ имѣется на картѣ. Тогда обсервованное мѣсто корабля не зависитъ отъ ошибокъ хронометра и секстана, неточности рефракціи и т. п. причинъ. Но этотъ пріемъ пригоденъ только для опредѣленія прибрежныхъ теченій.

Наблюденія теченій особыми приборами.—Въ открытомъ океанѣ, какъ и въ виду береговъ, можетъ примѣняться способъ непосредственнаго опредѣленія направленія и скорости теченій при помощи поплавковъ, а также приборовъ, называемыхъ въ Россіи вертушками (current-meter; tourniquet или indicateur); но этотъ способъ требуетъ постановки корабля на якорь или на драгу на большихъ глубинахъ, и потому въ открытомъ океанѣ до сихъ поръ употреблялся сравнительно рѣдко. Во-первыхъ, потому, что сами вертушки только недавно достаточно усовершенствованы, а затѣмъ постановка судна на якорь или драгу на

большой глубинѣ не только требуетъ особаго оборудованія (не существующаго обычно на судахъ), но и можетъ производиться только на кораблѣ, имѣющемъ своимъ назначеніемъ океанографическія изслѣдованія *). Остальныя суда могутъ наблюдать теченія только обычнымъ вышеописаннымъ способомъ сличенія обсервованныхъ и счислимыхъ мѣстъ, и потому пока этотъ способъ остается главнымъ и основнымъ для наблюденія теченій въ открытомъ океанѣ.

Для опредѣленія теченія на поверхности поплавками корабль или шлюпка становятся на якорь и выпускаютъ за бортъ поплавокъ такого рода, чтобы онъ почти весь былъ погруженъ въ воду для уменьшенія вліянія на него вѣтра. Къ поплавку привязываютъ линь, размѣченный на какія-либо единицы длины; замѣтивъ по часамъ моментъ, травятъ линь въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени и отсюда получаютъ скорость теченія. Направленіе теченія опредѣляется по компасу румбомъ, по которому удаляется отъ наблюдателя поплавокъ.



Фиг. 165. Поплавки Митчеля.

Очень удобными поплавками представляются предложенные американцемъ Митчелемъ, изображенные на фиг. 165. Они представляютъ два цинковыхъ или жестяныхъ цилиндрическихъ сосуда одинаковаго діаметра и высоты. Нижній есть просто ведро, а верхній имѣетъ горлышко, закрываемое пробкою; къ нему и привязываютъ линь. Цилиндры можно подвѣшивать одинъ подъ другимъ или раздвигать дальше другъ отъ друга на проволокѣ. Для наблюденія поверхностныхъ теченій ихъ подвѣшиваютъ одинъ сейчасъ подъ днищемъ другого. Такая пара цилиндровъ менѣе подвержена вліянію вѣтра, нежели одинъ поплавокъ.

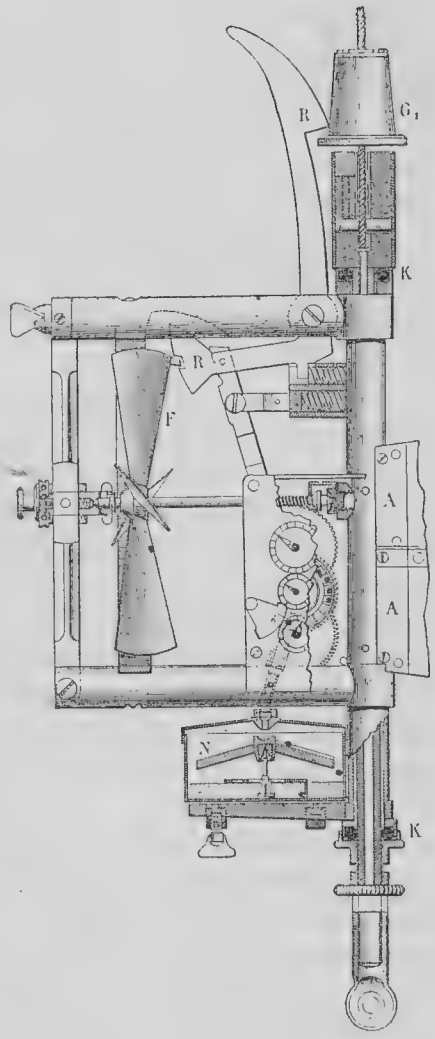
Приборовъ, служащихъ для опредѣленія направленія и скорости теченій, кромѣ поплавковъ, было предложено много. Изъ нихъ наиболѣе извѣстные: Эме, дающій только направленіе, Пильсбёри, Вольтмана и Экмана, дающіе и направленіе и скорость. Вертушка Экмана

*) Въ морской практикѣ бываютъ случаи, когда корабль даже на очень значительныхъ глубинахъ до 5—6.000 м. можетъ быть сдѣланъ почти неподвиженъ. Это при прокладкѣ кабелей телеграфными судами, тогда возможно было бы произвести наблюденія и посреди открытаго океана.

наиболѣе совершенная; она здѣсь и описана; на чертежѣ (фиг. 166) видно, что приборъ состоитъ изъ трубчатой оси КК, которая вращается на шарикахъ вокругъ внутренней оси, подвѣшенной на линѣ и внизу снабженной кольцомъ; къ послѣднему привѣшивается грузъ, напримѣръ, диплотъ, чтобы держать линь съ приборомъ натянутымъ. Приборъ, опущенный въ воду, быстро устанавливается по теченію своимъ рулемъ, отъ котораго на чертежѣ видно только начало А—А.

Въ той же плоскости, что и перо руля, къ оси КК укрѣплена рама, посреди коей проходитъ расположенная горизонтально ось, вращающаяся въ агатовыхъ подшипникахъ, съ насаженнымъ на нее наглухо четырехлопастнымъ винтомъ F, для легкости сдѣланнымъ изъ аллюминія. Винтъ, для предохраненія отъ ударовъ, окруженъ прочнымъ мѣднымъ кольцомъ, которое на чертежѣ представлено только позади винта.

На оси винта F имѣется безконечный винтъ, соединяющій винтъ F со счетчикомъ оборотовъ, имѣющимъ три циферблата для десятковъ, сотенъ и тысячъ оборотовъ.



Фиг. 166. Вертушка Экмана.

При опусканіи прибора въ воду винтъ F застопоренъ помощью рычага RR. Когда руль прибора установится по теченію, по линю пускаютъ грузъ G_1, который, дойдя до прибора, отодвигаетъ рычагъ RR ровно настолько, что вырѣзка на его лѣвомъ концѣ приходится точно противъ зуба на лопасти винта F. Тогда винтъ F свободенъ и вращается теченіемъ, число оборотовъ отмѣчается счетчикомъ, а моментъ начала счета—наблюдателемъ на суднѣ. Спустя 5—10 минутъ пускаютъ по линю второй грузъ, большаго діа-

метра, плотно надѣвающійся на грузъ G_1 и отодвигающій рычагъ RR еще болѣе, а вмѣстѣ съ этимъ винтъ F стопорится снова. Особая пружина стремится держать верхній конецъ рычага R прижатымъ къ линю; чтобы при этомъ прижиманіе рычага R къ грузу G_1 не мѣшало прибору свободно ворочаться на оси и устанавливать руль A—A по направленію теченія, устроена ниже первой еще вторая спиральная пружина, дѣйствующая слѣва направо и тянущая за особую тягу рычагъ RR направо съ такою силою, чтобы уравновѣсить дѣйствіе первой пружины и тѣмъ самымъ предотвратить нажимъ верхняго конца рычага R на грузъ G_1.

Вмѣстѣ съ опредѣленіемъ скорости теченія приборъ отмѣчаетъ и направленіе, по которому былъ расположенъ его руль AA, перпендикулярный плоскости винта F. Для этого къ оси прибора KK неподвижно укрѣпленъ котелокъ компаса, на днѣ его сдѣлано 32 отдѣленія по числу румбовъ, выше установлена картушка, надъ топкою которой устроена чашка, соединенная съ жолобомъ, идущимъ по румбу N картушки. Въ счетчикѣ оборотовъ установлено добавочное колесо съ ячейками, гдѣ находятся бронзовые шарики, которые черезъ особую трубку могутъ падать въ чашку на центрѣ картушки. Отверстіе трубочки открывается одновременно съ пусканіемъ винта въ ходъ, и затѣмъ въ теченіе каждыхъ ста оборотовъ падаетъ по три шарика (въ новыхъ приборахъ шарики находятся не въ ячейкахъ по окружности колеса, а въ особой трубочкѣ. Это сдѣлано для удобства ихъ укладки на мѣсто). Такимъ образомъ шарики попадаютъ въ тѣ отдѣленія на днѣ котелка компаса подъ картушкою, которыя соотвѣтствовали направленію руля AA относительно странъ свѣта. Шарики нумерованы, и потому при перемѣнахъ въ направленіи теченія во время дѣйствія прибора можно знать послѣдовательность и продолжительность этихъ перемѣнъ.

Предварительно опредѣляются поправки прибора, для чего дѣлаютъ наблюденія въ потокѣ воды равномѣрныхъ скоростей разной величины, и, зная эти скорости, получаютъ постоянныя прибора *). Эти опредѣленія необходимо время отъ времени повторять, такъ какъ величина тренія въ приборѣ измѣняется.

Наблюденіе теченій при помощи естественныхъ или искусственныхъ свободныхъ поплавковъ.—Бутылки.—Способъ опредѣленія теченій

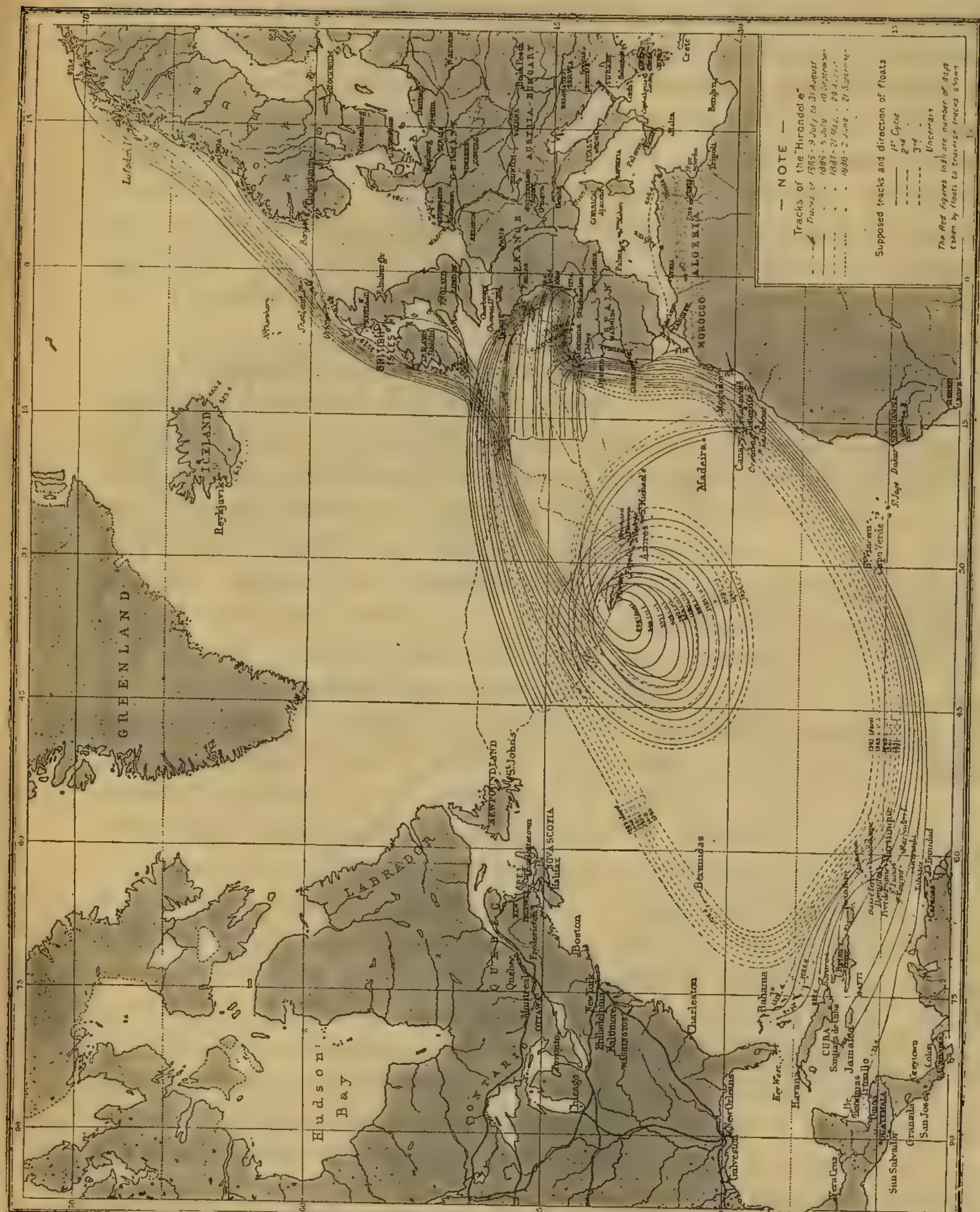
*) Въ Петроградѣ очень удобно испытывать приборъ въ опытномъ бассейнѣ Морского вѣдомства для испытанія моделей судовъ.

при помощи наблюденій свободно плавающихъ предметовъ появился по указанію самой природы. Задолго до открытія Америки въ XV ст. у береговъ С.-З. Европы находили обломки деревьевъ, плоды, иногда предметы, очевидно, обработанные человѣкомъ. Колумбъ, который жилъ нѣкоторое время на о-вѣ Порто Санто около Мадеры, видалъ тамъ кусокъ дерева, покрытый странною рѣзьбою, найденный на берегу и, очевидно, принесенный теченіемъ. Впослѣдствіи оказалось, что эти предметы приносились теченіями съ береговъ Карибскаго м., Мексиканскаго зал. и Антильскихъ о-въ. Однако ранѣе XVIII ст. людямъ не пришло въ голову воспользоваться этими указаніями и примѣнить поплавки къ изученію теченій.

Первая попытка такого рода была, повидимому, сдѣлана въ 1763 г. французомъ Лагэньеръ, долго жившимъ на о-вѣ С.-Доминикѣ (Антильск. о-ва) и производившимъ метеорологическія наблюденія. При возвращеніи во Францію онъ бросалъ по пути за бортъ бутылки съ записками. Всего было брошено 14 бутылокъ, и одна изъ нихъ, брошенная въ 47° с. ш. и 28° з. д., была найдена на берегу Бретани во Франціи. Затѣмъ въ 1802 г. англійское судно *Rainbow* возобновило этотъ пріемъ изученія теченій, который постепенно и вошелъ въ употребленіе. Въ 1837 г. Г. Берггаузъ напечаталъ списокъ 21 плаванія бутылокъ и далъ приблизительные ихъ пути на картѣ въ своемъ «Физическомъ Атласѣ». Затѣмъ французскій гидрографъ Н. Досси въ 1839 г. составилъ карту плаваній 97 бутылокъ за время отъ 1763 по 1838 г. Англійскій морской офицеръ Бичеръ въ 1843 г. напечаталъ карту плаванія 119 бутылокъ (одна отъ Зеленаго м. проплыла до о-ва Мартиники). Въ 1852 г. онъ же издалъ дополнительную карту съ плаваніемъ 61 бутылки.

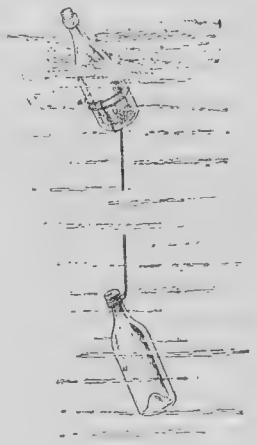
Впослѣдствіи такія карты и обработки продолжали появляться, но самый обширный опытъ такого рода былъ предпринятъ въ сѣв. Атлантическомъ ок. принцемъ Альберомъ Монакскимъ въ 1885, 1886, 1887 и 1888 гг., когда для изученія Гольфстрима и его развѣтвленій имъ было брошено въ океанѣ 1675 поплавковъ, изъ нихъ найдено 226, т.-е. 13,5%.

На приложенной картѣ (фиг. 167) изображены предполагаемые пути поплавковъ согласно обработкѣ, произведенной принцемъ Альберомъ. Какъ видно, поплавки, брошенные посреди сѣв. Атлант. ок., были разнесены теченіями на обширное пространство, нѣкоторые найдены на берегахъ Норвегіи до 70° с. ш. и въ Исландіи; другіе въ Карибскомъ м. и на Антильскихъ, Багамскихъ и Бермудскихъ о-хъ.



Фиг. 167. Карта плаваній поплавковъ принца Альбера Монакскаго

Для уменьшенія вліянія вѣтра на бутылки, которыя по большей части служатъ поплавками, онѣ загружаются пескомъ настолько, чтобы изъ воды видѣлось одно горлышко. Иногда съ тою же цѣлью употребляютъ двѣ бутылки (фиг. 168), связанныя короткою проволокою, нижняя загружается настолько, чтобы верхняя поднималась надъ водою только горлышкомъ. Такая пара бутылокъ уже совершенно не подвержена вліянію вѣтра, а двигается со слоемъ поверхностнаго теченія. Верхняя бутылка несетъ въ себѣ записку съ указаніемъ имени корабля, времени бросанія и широты и долготы мѣста бросанія, съ просьбою (на разныхъ языкахъ) нашедшему отослать записку по адресу на ней напечатанному. Бутылка должна быть тщательно закупорена и горлышко осмолено для предохраненія отъ попаданія воды во внутрь.



Фиг. 168. Бутылки по системѣ Готрё.

Случалось, что бутылки были находимы плавающими въ морѣ, но большей же части ихъ находятъ прибитыми къ берегу, при этомъ, конечно, многія изъ нихъ пропадаютъ или разбиваются о скалистый берегъ, или засыпаются пескомъ на отмеломъ берегу, или просто не попадаются на глаза прибрежнымъ жителямъ, или наконецъ топутъ въ морѣ, потому что были плохо закупорены и осмолены, или по другимъ причинамъ. Всѣ эти обстоятельства и обусловливаютъ сравнительно небольшой процентъ нахожденія бутылокъ. Въ моряхъ съ густымъ рыбачьимъ населеніемъ по берегамъ случается, что находятъ до 15—20% брошенныхъ бутылокъ; въ океанахъ очень часто гораздо меньшій процентъ. Такъ, въ теченіе 1894—1897 гг. шотландское рыболовное управленіе черезъ посредство рыбачьихъ судовъ бросило въ Нѣмецкомъ м. 3.550 поплавковъ, изъ коихъ было найдено 572, т.-е. 16,1%. Въ Каспійскомъ м. Экспедиціей Мин—ва Земледѣлія въ 1904 г. тоже было найдено 16% брошенныхъ бутылокъ. Въ 1907—1912 гг. въ Японскомъ и Охотскомъ м. и въ сѣверномъ Тихомъ ок. по почину бывшаго начальника гидрографической экспедиціи Восточнаго ок. генерала М. Е. Жданко имъ самимъ и другими русскими судами было за 6 лѣтъ плаванія брошено 10.000 бутылокъ, изъ нихъ было найдено 219. Тѣмъ не менѣе этотъ способъ изученія поверхностныхъ теченій сохраняетъ свое значеніе, потому что

число найденныхъ бутылокъ все нарастаетъ и увеличиваетъ общій матеріалъ, и если изъ числа кѣмъ-либо брошенныхъ бутылокъ хоть одна будетъ найдена, то и это принесетъ свою пользу. Случается, что бутылки, бросаемыя въ какой-либо опредѣленной области океана, находятся всегда около тѣхъ же самыхъ береговъ. Напримѣръ, бутылки, брошенныя въ Атлантическомъ ок. восточнѣе 30° з. д. и южнѣе 10° с. ш., всегда находятся у береговъ Гвинейскаго зал.; это показываетъ приблизительныя границы Гвинейскаго теченія. Такимъ образомъ бутылки для наблюденія поверхностныхъ теченій несомнѣнно имѣютъ значеніе.

На приложенной картѣ (фиг. 169) Мірового океана нанесены наиболѣе характерныя плаванія бутылокъ, пути коихъ были разработаны разными авторами и здѣсь соединены нами въ одну картину.

При проложеніи предполагаемыхъ путей бутылокъ принимаютъ во вниманіе общій характеръ теченій и промежутокъ времени отъ момента бросанія до нахожденія. При этомъ помогаютъ короткія плаванія бутылокъ, разсѣянныя среди длинныхъ плаваній. Отсюда выводится предполагаемая суточная скорость и возможный путь.

Число брошенныхъ и найденныхъ бутылокъ въ Атлантическомъ ок. значительно, конечно, превосходитъ другіе океаны. Случается, что бутылки, брошенныя къ югу отъ экватора около 10° з. д., находили въ Ламаншѣ *). Очевидно, онѣ прошли черезъ Карибское м. и Флоридскій каналъ въ Гольфстримъ. Бутылки, брошенныя у Флориды, приноситъ къ берегамъ сѣверо-западной Европы и Африки; а брошенныя у Испаніи, о-въ Канарскихъ и Зеленаго м. находятъ у Антильскихъ о-въ, въ Карибскомъ м. и Мексиканскомъ зал.

Бутылки, брошенныя южнѣе 10° ю. ш. и западнѣе 30° з. д., находятъ у Бразиліи и Лаплаты, принесенныя туда Бразильскимъ теченіемъ. Бутылки же, брошенныя около экватора поблизости 30° з. д., находятъ у береговъ Африки и въ Гвинейскомъ зал. Бутылки, брошенныя въ полосѣ 30°—40° ю. ш. Поперечнымъ теченіемъ приноситъ къ южной Африкѣ.

Въ Индійскомъ ок., въ сѣверной, муссонной его части, на картѣ видны въ тѣхъ же мѣстахъ противоположныя направленія плаванія бу-

*) Напримѣръ бутылка, брошенная 15-го Окт. 1820 г. 7°7′ ю. ш., 14° з. д., найдена на о вѣ Гернсеѣ 6-го Авг. 1821 г., черезъ 295 дней. Другая—Мая 19-го 1887 г. въ 13°16′ с. ш., 25°51′ з. д., а найдена въ Ирландіи на зап. берегу Марта 17-го, 1890 г., черезъ 1.033 дня, ея путь приблизительно 6.500—7.500 м.м. и сут. скор. около 7 м.м.

Другая бутылка, брошенная у м. Горна 53°3′ м.м. 67°5′ з. д., Іюня 24-го 1830 г., найдена въ Окт. 19-го 1887 г. на юго-зап. берегу Ирландіи.

Фиг. 169. Пути плавающей бутылки.

тылокъ, потому что они относятся къ разнымъ частямъ года. Въ южномъ полушаріи Экваторіальное и Игольное теченія указываются нѣсколькими плаваніями бутылокъ.

Въ Тихомъ ок. хорошо видны полосы сѣвернаго и южнаго Экваторіальныхъ теченій, въ послѣднемъ имѣется плаваніе бутылки отъ береговъ Южной Америки до Австраліи со среднею скоростью 7,7 м.м. на протяженіи 7.600 м.м. въ 966 дней.

Особенно длинные пути бутылокъ встрѣчаются въ области Восточнаго Поперечнаго теченія южнаго полушарія, гдѣ плаванія въ 7—9.000 м.м. не рѣдки, а одна бутылка, брошенная у береговъ Патагоніи (45° ю. ш., 60° з. д.), найдена у сѣверо-западныхъ береговъ Новой Зеландіи (37° ю. ш., 173° в. д.) послѣ плаванія около 11.000 м.м. (20.000 к.) въ 1271 день со среднею скоростью около 9 м.м. въ сутки (16 кил.).

Естественные предметы. — Такими же поплавками вмѣсто бутылокъ служатъ и естественные предметы, напримѣръ, такъ называемый *плавникъ*, т.-е. вынесенные рѣками въ море стволы деревьевъ и затѣмъ теченіями принесенные къ берегу и выброшенные на него прибоемъ. Микроскопическое изслѣдованіе позволяетъ опредѣлить породу деревьевъ и, слѣдовательно, мѣсто, откуда они принесены.

Въ XVII и XVIII ст. очень часто стволы тропическихъ деревьевъ, вынесенныхъ Амазонкою или Оринако, попадали по теченію черезъ Карибское м. и Мексиканскій зал. и далѣе вдоль Гольфстрима къ берегамъ Исландіи, гдѣ иногда подхватывались теченіями Ирмингера и Западно-Гренландскимъ, огибали съ ними съ юга Гренландію и по западному берегу ея доходили до о-ва Диско, гдѣ и служили для подѣлокъ эскимосовъ, получавшихъ такимъ путемъ красное дерево. Теперь, съ усиленною вырубкою лѣсовъ по берегамъ тропическихъ рѣкъ, такіе случаи стали рѣдки.

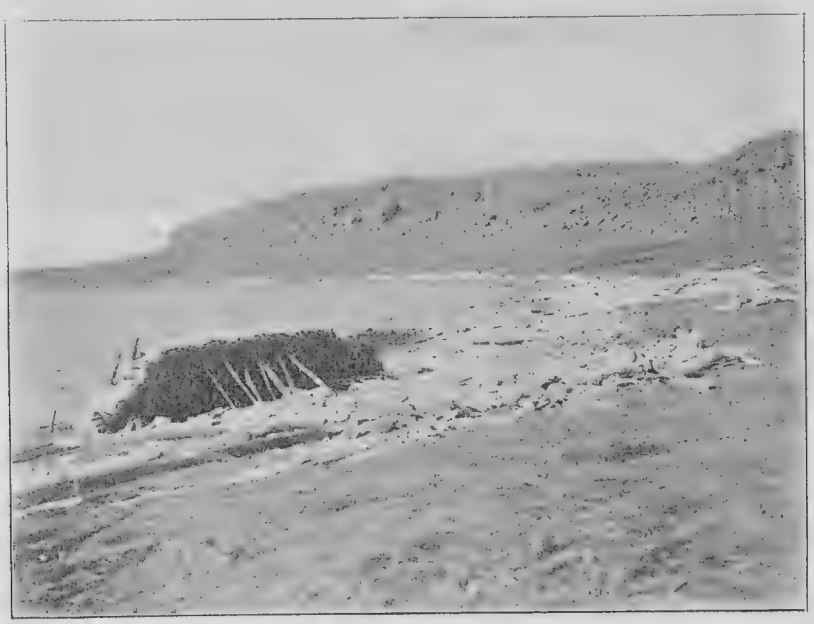
Стручки породы мимозы, растущей на Вестъ-Индскихъ о-вахъ, громаднаго размѣра, до 1,5 м. длиною и 10—12 ст. въ діаметрѣ, крѣпкіе и обладающіе большою иловучестью, попадаютъ такимъ же образомъ на берега Азорскихъ о-въ, Мадеры и вездѣ по сѣверо-западнымъ берегамъ Европы, на Шпицбергенъ (80° с. ш.) и на сѣв-зап. оконечность Новой Земли (76°5′ с. ш.), гдѣ небольшой островокъ потому и названъ о-мъ Гольфстрима.

По берегамъ Карибскаго м., отчасти Мексиканскаго зал., Антильскихъ о-въ и Соединенныхъ Штатовъ растетъ водоросль, называемая

Фиг. 170. Плавникъ на берегу Сибири у Хромской стрѣлки (устье р. Хромы, къ зап. отъ р. Индигирки).

саргассы. Прибой отрываетъ ихъ отъ корней, и онѣ, распространяясь по теченію, скопляются въ той части сѣвернаго Атлантическаго ок., которая лежитъ внутри круговорота, образуемаго теченіями между 25° — 35° с. ш. и 40°—75° з. д. (см. далѣе фиг. 205).

Такимъ же способомъ сибирскій лѣсъ, вынесенный Обью, Енисеемъ, Леною и др. рѣками, попадаетъ на берега Ново-Сибирскихъ о-въ,



Фиг. 171. Плавникъ на о-вѣ Диксонъ къ сѣверу отъ устья р. Енисея.

на восточные берега Новой Земли, на южные и восточные берега Шпицбергена и даже въ Исландію и восточную и западную Гренландію. Тѣмъ же путемъ заносились рыболовныя принадлежности индѣйцевъ Аляски къ берегамъ западной Гренландіи. На приложенныхъ здѣсь фотографіяхъ изображены примѣры нахожденія плавника на берегахъ Сибири и Новой Земли. На фиг. 170 показанъ плавникъ на Хромской стрѣлкѣ около устья р. Хромы. На другой фотографіи (фиг. 171) представленъ плавникъ, лежащій на отмеломъ сѣверномъ берегу о-ва Диксона (къ сѣверу отъ устья р. Енисея); часть его распилена и обращена въ дрова для отопленія помѣщеній гидро-метеорологической и радіо-телеграфной станціи

Фиг. 172. Плавникъ на мысѣ Желаніе, сѣв. оконечность Новой Земли.

Главнаго Гидрографическаго Управленія на о-вѣ Диксонѣ въ 1916 г. На послѣдней фотографіи (фиг. 172) изображенъ плавникъ на мысѣ Желаніе на сѣверной оконечности Новой Земли.

Въ южномъ полушаріи у береговъ Южной Америки растетъ водоросль *Macrocystis pyrifera,* очень большой длины (до 200 м.). Отрываясь, она далеко уносится теченіемъ, пока, потерявъ пловучесть, не утонетъ. Она распространена въ океанѣ вокругъ всего земного шара, начиная отъ 35° ю. ш. и далѣе къ югу въ области Восточнаго дрейфоваго теченія. Слѣдующая фотографія (фиг. 173) изображаетъ отрывокъ такой водоросли въ водахъ южнаго Индійскаго океана около о-ва Св. Павла (около 37° ю. ш.).

Фиг. 173. Водоросль Macrocystis pyrifera, плавающая въ южн. Индійскомъ ок. около о-ва Св. Павла.

Какое значеніе имѣютъ теченія для разноса по поверхности океана сѣмянъ наземныхъ растеній, видно изъ слѣдующаго примѣра. Изученіе флоры океаническихъ острововъ *) показало, что на нихъ существуетъ теперь, среди другихъ растеній, до 51 растительнаго семейства, которыя всѣ разселились по нимъ при помощи заноса теченіями.

Въ Августѣ 1883 г. случилось замѣчательнѣйшее вулканическое изверженіе на о-вѣ Кракатоа въ Зондскомъ пр. При этомъ было извержено громадное количество пемзы, долго плававшей на поверхности Индійскаго ок., съ Августа 1883 г. до Ноября 1884 г., и встрѣчавшейся судами, иногда большими массами, вдоль полосы южнаго Экваторіальнаго теченія Индійскаго ок. и его Мадагаскарской вѣтви.

Остатки судовъ.—Еще лучшими поплавками служатъ остатки потерпѣвшихъ аварію и брошенныхъ въ морѣ судовъ **) (по-англ.—derelict или wreck, épave — по-фр.), потому что эти остатки сидятъ глубоко въ водѣ, слѣдовательно, вѣтеръ на нихъ вліяетъ меньше, нежели на

*) W. B. Humsley. Dispersal of plants by oceanic currents and birds. Botany. Report of the voyage of *Challenger*.

**) Такіе остатки судовъ въ значительномъ количествѣ попадаются только въ сѣв. Атлант. ок., потому что только здѣсь изъ всего Мірового ок. и судоходство очень оживленное и число судовъ велико, а пространство относительно меньше, нежели въ другихъ океанахъ.

бутылки. Эти остатки представляютъ легко замѣтные въ океанѣ предметы и въ то же время опасные для встрѣчныхъ судовъ; слѣдовательно, положеніе ихъ тщательно отмѣчается встрѣчными судами, наносится на карты (ежемѣсячныя Pilot chart америк. и подобныя же англ. и нѣм.), что и даетъ возможность достаточно хорошо прослѣдить ихъ путь въ океанѣ и вывести скорость ихъ движенія.

Случалось, что такіе остатки судовъ плавали въ океанѣ нѣсколько лѣтъ подъ рядъ и за это время неоднократно встрѣчались судами. Иногда число такихъ остатковъ становилось въ Атлант. ок. настолько велико, что они какъ бы засоряли пути судовъ, и приходилось посылать военныя суда ихъ взрывать. Такіе остатки судовъ часто попадаются у береговъ Соединенныхъ Штатовъ въ Атлант. ок. и оттуда разносятся по океану. Поэтому суда «береговой стражи» (Coast guard), т.-е. таможенныя суда Соедин. Штатовъ, между прочимъ, заняты ежегодно ловлею, отбуксировываніемъ въ порта, если это возможно, или уничтоженіемъ помощью взрыва такихъ остатковъ судовъ.

Чтобы дать представленіе о плаваніяхъ остатковъ судовъ и въ то же время о тѣхъ неправильностяхъ въ ихъ движеніяхъ, которыя обуславливаются случайными перемѣнами въ направленіяхъ и скоростяхъ теченій, ихъ увлекающихъ, здѣсь приведена карта ихъ плаваній. Карта (фиг. 174) охватываетъ почти весь сѣв. Атлантическій ок., на ней нанесены многіе характерные пути, начиная съ 1887 г., но въ виду ея малаго масштаба, конечно, только нѣкоторые изъ числа извѣстныхъ.

При болѣе подробномъ разсмотрѣніи карты (фиг. 174) прежде всего обращаетъ вниманіе несомнѣнное стремленіе поверхностныхъ слоевъ двигаться отъ Флориды сперва вдоль берега Америки, а потомъ постепенно уклоняться въ океанъ и пересѣкать его въ сѣверо-восточномъ направленіи; т.-е. слѣдовать вдоль Гольфстрима иногда съ большою скоростью (*L. Hastings*—90 м.м. въ 24 ч.), затѣмъ, по мѣрѣ удаленія отъ Америки, скорость убываетъ, и на серединѣ океана она около 20—30 м.м. въ 24 ч. (*L. Chadwick*—42 м.м. есть исключеніе), а у береговъ Европы скорость плаванія остатковъ судовъ всего около 10 м.м.

Въ той части океана, гдѣ находится Саргассово море, выдаются три пути; одинъ—шкуны *Fannie Wolston*—замѣчателенъ и по характеру пути и по времени плаванія. Путь ея образуетъ замкнутую кривую въ предѣлахъ собственно Саргассова моря. Пока остатокъ судна шелъ вначалѣ въ полосѣ Гольфстрима на востокъ, то онъ имѣлъ скорость около 36 м.м.; когда же онъ вошелъ въ область Саргассова м., то скорость убыла до 4—6 м.м. и немного увеличилась, до 9 м.м., въ западной части моря (скорость 17 м.м. въ одномъ мѣстѣ пути, вѣроятно, обусловлена случайною причиною). Общая длина пути болѣе 8.000 м.м. (ок. 15.000 к.) за время съ 15—X—1891 по 21—X—1894, т.-е. 1.100 дней; грузъ шкуны былъ дерево, почему она и плавала такъ долго, и за это время ее встрѣтили и опредѣлили ея мѣсто 46 разъ.

Фиг. 174. Плаванія остатковъ судовъ.

Другое судно, баркъ *Telemach*, описало совершенно подобный путь, очерчивающій область Саргассова м., и скорости его совершенно того же порядка, какъ и *Fannie Wolston*.

Третье судно, совершившее подобный же путь, это шкуна *Alma Cummings*, которая всего четыре раза была встрѣчена. Общая длина пути 5.320 м.м. въ 553 дня. Шкуна сперва шла въ области Гольфстрима, тамъ ея средняя скорость была 17 м.м., потомъ она пересѣкла Саргассово м. со скоростью 4 м.м. и, попавъ въ область Сѣвернаго экваторіальнаго теченія, а потомъ Караибскаго, была прибита къ берегу Панамскаго перешейка. Два другіе пути въ западной части Саргассова моря имѣютъ иной интересъ, указывая, что отъ восточной и южной окраины Гольфстрима существуютъ струи, отходящія на югъ во внутрь Саргассова м. Такъ, путь шкуны *Yale*, брошенной командою къ югу отъ м. Гаттераса 1—X—1899 г., сперва идетъ вдоль Гольфстрима, потомъ поворачиваетъ на югъ и, попавъ

въ Антильское теченіе, прибивается 24—III—1900 г. къ Багамскимъ о-вамъ. Баркъ *Vincenzo Perotta*, пересѣкшій область Саргассовъ въ юго-зап. направленіи, очевидно, подъ вліяніемъ случайнаго вѣтра, былъ также выброшенъ на берегъ у Багамскихъ о-въ послѣ 536 дней пути въ 3.000 м.м. (5.500 к.); за это время его встрѣтили 27 разъ.

Второе обстоятельство, выясняющееся изъ обзора путей остатковъ судовъ, это различіе путей, начинающихся почти въ томъ же мѣстѣ. Напр., суда *L. Chadwick* и *F. Deering* имѣютъ начало пути почти въ томъ же мѣстѣ и почти въ одно время (*Chadwick* 3—III—1906, *Deering* 1—III—1906); сперва ихъ пути почти совпадаютъ до 50° з. д., а потомъ *Deering* поворачиваетъ къ сѣверу и только на 45° с. ш. снова направляется къ востоку; тогда какъ *Chadwick* почти все время идетъ около параллели 40° с. ш.

Пути судовъ: шкуны *21 Friends* и барка *Petty* такъ же, какъ и шкуны *W. L. White* доходятъ до береговъ Европы. *W. L. White* сперва имѣлъ цѣлыми свои мачты и потому больше подвергался вліянію вѣтра. За 317 дней пути отъ мыса Гаттераса онъ прошелъ около 5.200 м.м. (10.000 к.) и выброшенъ на Гебридскіе о-ва. Шкуна *21 Friends*, брошенная командою почти въ томъ же мѣстѣ Гольфстрима, только немного южнѣе, тоже пересѣкла океанъ въ 255 дней по пути очень близкому *W. L. White*, но, пройдя 20° з. д., она повернула къ юго-вост. и была выброшена на берега Испаніи въ Бискайскомъ зал. Туда же попалъ и баркъ *Petty*. Оба эти пути указываютъ на существованіе SE вѣтви Гольфстрима (см. карту поплавковъ принца Монакскаго, фиг. 167, стр. 422). То же указываютъ пути *Rossmore* и *Bertram White*.

Интересенъ путь буя, стоявшаго у восточной окраины Ньюфаундлендской банки, сорванный оттуда, онъ три раза былъ встрѣченъ и прибитъ къ берегу передъ входомъ въ Нью-Іоркъ. Путь буя ясно указываетъ холодное теченіе, идущее между берегомъ и Гольфстримомъ на юго-западъ.

18-го Декабря 1887 г. огромный плотъ бревенъ (27.000 штукъ) буксировался океаномъ изъ залива Фунди въ Нью-Іоркъ, передъ входомъ туда свѣжимъ NW вѣтромъ плотъ разбило и бревна раскидало. Потомъ кучки бревенъ долго плавали по океану, разнесенные Гольфстримомъ и его вѣтвями, и еще въ Сентябрѣ 1888 такая кучка была встрѣчена къ сѣверу отъ Мадеры.

Разнообразіе путей остатковъ судовъ, ихъ зигзаги обусловлены неправильностями путей и скоростей океаническихъ теченій, вызываемыми такими же неправильностями въ воздушныхъ теченіяхъ. Все это показываетъ, что за отдѣльные промежутки времени теченія могутъ значительно уклоняться отъ своего средняго направленія и скорости, что̀ подтверждается и обычными судовыми наблюденіями (см. далѣе, обработка судовыхъ наблюденій теченій).

Пловучіе льды. — Подобно остаткамъ судовъ, и пловучіе льды также указываютъ направленіе и скорость теченій, но только надо принять во вниманіе, что на движеніе пловучихъ льдовъ и обломковъ судовъ имѣетъ большое вліяніе вѣтеръ, а на движеніе ледяныхъ горъ, глубоко сидящихъ въ водѣ, гораздо большее вліяніе имѣютъ теченія въ болѣе глубокихъ слояхъ океана. Потому пути ихъ и пути ледяныхъ полей и остатковъ судовъ могутъ и различаться. Вообще пути плаваній

льдовъ и остатковъ судовъ не могутъ быть непосредственно сравниваемы, напримѣръ, съ картами плаванія бутылокъ, и въ то же время понятно, почему границы распространенія льдовъ въ океанахъ всегда назначаются на картахъ океаническихъ теченій (см. фиг. 193—194).

Косвенные способы изученія теченій.—Всякое океаническое теченіе есть всегда вода, принесенная въ данное мѣсто изъ другой части океана, а такъ какъ вода, какъ было указано въ главѣ о температурѣ (стр. 125), отличается большою теплоемкостью, то, будучи перенесена въ иныя условія, она медленно измѣняетъ свою температуру. Соленость и удѣльный вѣсъ воды измѣняются еще медленнѣе, нежели ея температура. Вода, принесенная изъ другого мѣста, сохраняетъ до нѣкоторой степени и свой цвѣтъ.

Поэтому всѣ только-что перечисленныя свойства воды могутъ служить указаніемъ—есть ли наблюдаемая вода мѣстная или она принесена изъ другихъ частей океана и, слѣдовательно, образуетъ океаническое теченіе.

Необходимо указать здѣсь, что наблюденіе одной только температуры можетъ ввести иногда и въ заблужденіе, потому что измѣненіе температуры можетъ происходить и отъ разныхъ побочныхъ причинъ *). Потому-то одновременно съ температурою необходимо опредѣлять и ея соленость.

Въ тѣхъ мѣстахъ океана, гдѣ скорость теченій мала, этотъ способъ ихъ изученія очень важенъ. Вообще опредѣленіе температуры и солености одновременно всегда даетъ хорошія указанія для опредѣленія границъ теченій.

Для тѣхъ частей океановъ, гдѣ имѣются карты распредѣленія температуры и солености, основанныя на многочисленныхъ и тщательныхъ наблюденіяхъ, изученіе теченій можетъ производиться по этимъ картамъ.

Наблюденіе глубоководныхъ теченій.—Для наблюденія глубоководныхъ и вообще подводныхъ теченій непосредственно, корабль долженъ или стоять на якорѣ или на драгѣ. На небольшихъ глубинахъ (до 500 м. = 273 м. с.) измѣренія производятся со шлюпки, устано-

*) Напр., Миддендорфъ по наблюденіямъ только температуръ воды въ горлѣ Бѣлаго м. пришелъ къ выводу, что въ это море входитъ одна изъ вѣтвей Гольфстрима, и только гораздо позже секретарь Импер. Русск. Географ. Общ-ва А. В. Григорьевъ одновременными наблюденіями температуры и удѣльнаго вѣса показалъ, что это заключеніе ошибочно, и выяснилъ, что никакой вѣтви Гольфстрима въ Бѣлое м. не входитъ.

вленной на двухъ якоряхъ, съ носу и съ кормы. Въ сущности, только въ этомъ случаѣ и можно быть увѣреннымъ въ неподвижности наблюдателя, что̀ существенно необходимо для точности наблюденій. На суднѣ на довольно сильномъ теченіи можно на умѣренныхъ глубинахъ стоять хорошо на якорѣ. Въ океанѣ были случаи, что удавалось стоять на драгѣ или рыболовномъ тралѣ на глубинахъ до 1.000 м. (546 м. с.) *); конечно, въ этихъ случаяхъ якорнымъ канатомъ служитъ не якорная цѣпь, а стальной тросъ. Въ открытомъ океанѣ на большихъ глубинахъ возможно еще становиться на пловучій якорь соотвѣтственныхъ судну размѣровъ, опущенный на глубину не менѣе 1.000 м., гдѣ можно надѣяться, что воды если и имѣютъ движеніе, то очень медленное. Тогда можно въ верхнихъ слояхъ наблюдать теченія на разныхъ глубинахъ, результаты наблюденій будутъ давать относительныя теченія поверхностныхъ слоевъ.

Во всякомъ случаѣ, подобныя измѣренія посреди открытаго океана на большихъ глубинахъ находятся еще въ періодѣ попытокъ, и пока единственнымъ пріемомъ для опредѣленія поверхностныхъ теченій остается сравненіе обсервованнаго и счислимаго мѣста корабля, а для глубинныхъ теченій—косвенные способы, о которыхъ говорится далѣе.

Въ океанѣ существуютъ банки, на которыхъ глубины около 1.000—2.000 м. (547—1.094 м. с.), въ этихъ мѣстахъ возможно и теперь производить непосредственныя измѣренія теченій на глубинахъ съ судна, стоящаго на якорѣ; но такихъ банокъ немного, и наблюденія на нихъ, конечно, не могутъ быть отнесены къ такимъ же глубинамъ океана внѣ области банки. Стать на якорь на проволочномъ тросѣ возможно и на глубинѣ въ 4—5.000 м., но судно все-таки не будетъ неподвижно, при такой длинѣ якорнаго каната оно будетъ то приходить на канатъ, то отходить и при этомъ еще двигаться изъ стороны въ сторону; послѣднее движеніе корабля можно наблюдать по компасу, а для перваго, вдоль каната, пока не существуетъ способа опредѣленія. Конечно, періодъ такихъ колебаній корабля очень большой и движеніе его медленное, а время, необходимое для измѣренія теченія приборомъ, всего около 10 м., и если наблюдаемое теченіе имѣетъ значительную скорость, то движеніе корабля на якорномъ канатѣ внесетъ только небольшую ошибку.

*) *Michael Sars* въ 1910 г. къ югу отъ Азорскихъ о-въ такъ стоялъ на подводномъ плато этого архипелага на 1.235 м. (675 м. с.). Пильсбёри на *Blake* становился на якорь въ 1885—1890 гг. въ области Гольфстрима на глубинахъ до 4.000 м. (2.200 м. с.).

Приборы, употребляемые для измѣренія теченій на глубинахъ, бываютъ двухъ родовъ: поплавки Митчеля или вертушки разнаго рода. Выше были описаны и поплавки и одна такая вертушка системы Экмана.

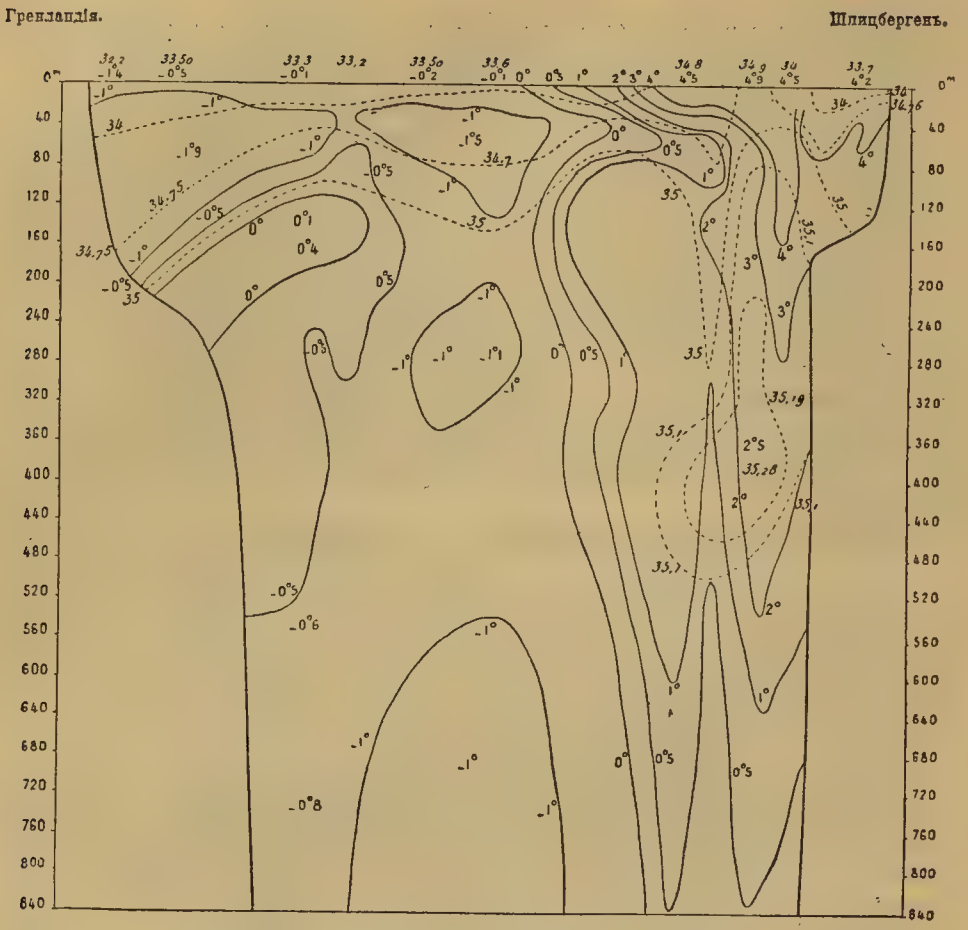
Когда для наблюденія глубинныхъ теченій употребляютъ поплавки Митчеля, то ихъ раздвигаютъ настолько, чтобы нижній изъ нихъ находился на той глубинѣ, гдѣ желаютъ опредѣлять теченіе. Оба поплавка обладаютъ одинаковою поверхностью и объемомъ, и потому ихъ система подъ вліяніемъ поверхностнаго и глубиннаго теченій двигается по равнодѣйствующей обоихъ. Одновременно другою парою поплавковъ, но подвѣшенныхъ одинъ сейчасъ же подъ другимъ, наблюдаютъ поверхностное теченіе. Такимъ образомъ въ параллелограмѣ силъ опредѣляютъ равнодѣйствующую и одну изъ составляющихъ, вторую же составляющую вычисляютъ, она соотвѣтствуетъ по направленію и скорости нижнему теченію.

Этотъ способъ даетъ достаточно хорошіе результаты даже для довольно значительныхъ глубинъ въ нѣсколько сотъ метровъ *).

Для опредѣленія глубинныхъ теченій широко пользуются *косвеннымъ пріемомъ*, наблюдая распредѣленіе температуры, солености и плотности, а также и содержанія газовъ въ водѣ. Зная всѣ эти четыре величины для многихъ вертикальныхъ рядовъ наблюденій въ океанахъ, на ихъ основаніи строятъ гидрологическіе разрѣзы, гдѣ наносятся или по отдѣльности, температура, соленость, плотность, или двѣ первыя величины вмѣстѣ, или всѣ три величины одновременно, а для кислорода или его недостачи строятся отдѣльные разрѣзы. Такіе разрѣзы, показывающіе вертикальное распредѣленіе этихъ элементовъ, были приведены въ главахъ о температурѣ и составѣ воды для всѣхъ океановъ, а также и въ другихъ случаяхъ, какъ примѣры. По этимъ разрѣзамъ возможно судить о движеніи глубокихъ слоевъ въ океанѣ. Въ главахъ о температурѣ и о солености уже были высказаны главные выводы, вытекающіе изъ изученія этихъ разрѣзовъ.

Чтобы сдѣлать еще болѣе наглядымъ примѣненіе гидрологическихъ разрѣзовъ къ изученію глубоководныхъ движеній водъ, здѣсь приведены еще два такихъ разрѣза.

*) На *Challenger*'ѣ пользовались этимъ пріемомъ до 1.000 м. глубины. Опыты съ поплавками Митчеля рядомъ съ наблюденіями вертушкою Экмана въ Мурманской гидрографической экспедиціи, по утвержденію ея бывшаго начальника ген.-маіора А. М. Бухтѣева, давали совершенно тожественные результаты. Глубины, на которыхъ въ Мурманской экспедиціи наблюдались теченія, были гидрографическаго характера, т.-е. не очень значительныя.



Фиг. 175. Гидрологическій разрѣзъ отъ Шпицбергена къ Исландіи.
36.75 обозначаетъ соленость; а—0°,6 температуру.

Первый построенъ Нансеномъ и идетъ приблизительно по параллели между сѣв.-зап. оконечностью Шпицбергена и берегомъ Гренландіи въ 75° с. ш. Разрѣзъ (фиг. 175) построенъ на основаніи 13 станцій съ вертикальными рядами наблюденій *), на немъ проведены изотермобаты (сплошными линіями) и линіи равныхъ соленостей—изогалины (пунктиромъ), а глубины въ метрахъ назначены по обѣ стороны разрѣза; вверху показаны поверхностныя: въ верхней строкѣ—солености, во второй—температуры. Съ перваго взгляда чертежъ кажется очень запутаннымъ, но при изученіи его выясняются слѣдующія обстоятельства.

Около Гренландіи поверхностная вода вездѣ, кромѣ первой станціи, значительно теплѣе ниже лежащихъ слоевъ (— 0°,5; — 0°,1, а подъ ними — 1°,0 и до — 1°,9); въ то же

*) Nansen. „The Norwegian North Polar Expedition, 1893—96“. Vol. III, plate XXX, 1902.

время соленость верхняго слоя меньше нижняго (вверху 32,2 и 33,50; а внизу 34,00). Верхній слой есть вода, опрѣсненная отъ лѣтняго таянія льдовъ (наблюденія сдѣланы лѣтомъ, зимою эти мѣста заняты льдами) и нагрѣтая этимъ таяніемъ выше точки замерзанія морской воды соотвѣтственной солености. По мѣрѣ удаленія къ востоку поверхностная вода становится теплѣе, и вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается ея соленость (выше 34,0). Это есть вода, принесенная съ юга вѣтвью Гольфстрима и смѣшавшаяся съ водою отъ таянія льдовъ на мѣстѣ, почему соленость ея и уменьшилась, такъ какъ соленость атлантической воды выше 35,0‰. У берега Шпицбергена и температура и главнымъ образомъ соленость опять убываютъ, вслѣдствіе вліянія таянія прибрежныхъ льдовъ.

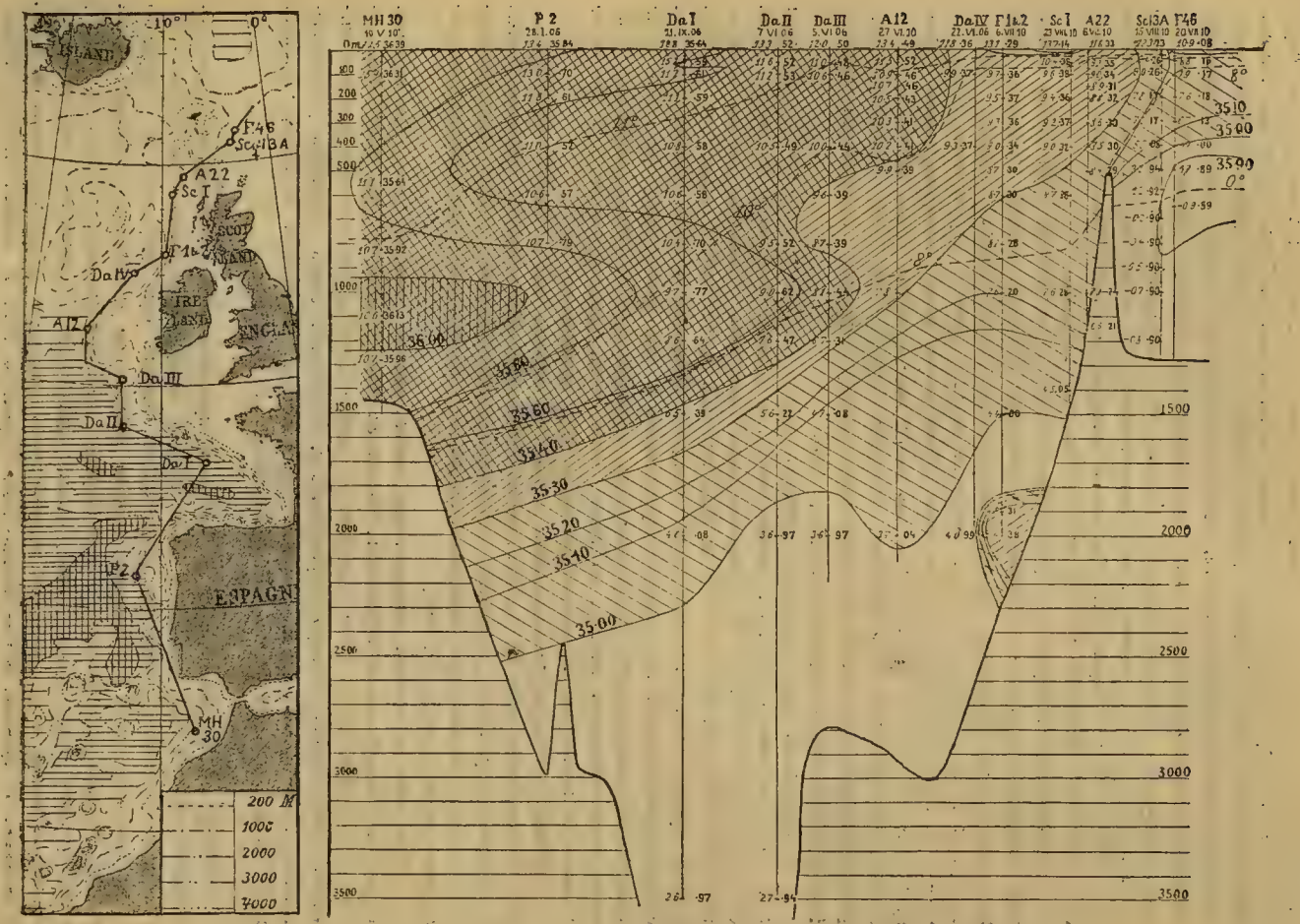
Сейчасъ подъ поверхностью у Гренландіи замѣчается мощный слой около 100 м. очень холодной воды отъ — 1°,0 до — 1°,9, прижатый, вслѣдствіе вліянія вращенія земли вправо, къ берегу Гренландіи. Это есть часть Восточно-Гренландскаго холоднаго теченія, идущаго съ N на S, другая его часть видна на разрѣзѣ правѣе, окруженная изотермобатою — 1°,0. Правая половина разрѣза около Шпицбергена имѣетъ совершенно иной характеръ: здѣсь до глубины 800 м., т.-е. вдоль всего материковаго склона, находятся массы теплой воды отъ 0° до 4° и большой солености — 35,0‰ — 35,28‰; эти массы воды, прижатыя вправо, есть теплыя и соленыя воды вѣтви Гольфстрима, вступающей далѣе въ промежуточные слои Полярнаго м. (см. стр. 153).

У Гренландіи подъ холоднымъ теченіемъ лежитъ слой воды выше нуля и солености болѣе 35‰, это есть отвѣтвленіе Гольфстрима, т.-е. атлантическая вода, охладившаяся отъ соприкосновенія и смѣшенія съ холоднымъ выше лежащимъ слоемъ; результатъ образующихся въ Сѣверномъ Европейскомъ м. круговоротовъ отвѣтвленій Гольфстрима противъ часовой стрѣлки, какъ это указано далѣе тамъ, гдѣ говорится о вѣтви Гольфстрима или Атлантическаго теченія въ Сѣверно-Европейскомъ м. (см. далѣе карту фиг. 211). Если разобрать нѣсколько другихъ гидрологическихъ разрѣзовъ того же Сѣверно-Европейскаго м., только расположенныхъ южнѣе., то видно, какъ этотъ промежуточный слой все болѣе охлаждается и уменьшаетъ свою соленость по мѣрѣ движенія къ югу.

Нижняя часть разрѣза заполнена холодною и тяжелою водою ниже 0° и даже ниже — 1°,0, съ соленостью болѣе 35‰, она тоже атлантическаго происхожденія, принесена вѣтвью Гольфстрима (стр. 154) и, вслѣдствіе охлажденія радіаціей зимою и весною, стала тяжелѣе и опустилась, при чемъ при образованіи льдовъ ея соленость еще увеличивается (см. замерзаніе морской воды, стр. 180).

Изъ этого объясненія разрѣза видно, какимъ образомъ ими пользуются для изученія теченій поверхностныхъ и глубинныхъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ понятно, что для правильнаго сужденія необходимо имѣть много разрѣзовъ для даннаго моря, и чѣмъ сложнѣе распредѣленіе теченій, тѣмъ больше. Сѣверно-Европейское м. отличается очень сложнымъ распредѣленіемъ водъ, которое только въ послѣдніе годы начинаетъ выясняться вслѣдствіе большого числа частыхъ и тщательныхъ наблюденій послѣдняго времени.

Слѣдующій гидрологическій разрѣзъ даетъ представленіе о глубоководныхъ условіяхъ Атлантическаго ок. Онъ проведенъ вдоль окраины материковаго склона Европы (фиг. 176), и, какъ видно на картѣ сбоку, онъ представляетъ зигзагъ отъ Гибралтара до Сѣвернаго Европейскаго м., а двѣ его сѣверныя станціи лежатъ уже по сѣверную сторону порога Уайвиль Томсона, отдѣляющаго Сѣверное Европейское м. отъ Атлантическаго ок. (см. стр. 41) и образующаго рѣзкую границу между океанографическими условіями къ сѣверу и къ югу отъ него. Станціи, на основаніи наблюденій коихъ построенъ разрѣзъ, указаны на картѣ кружочками и буквами: MH — Murray-Hjort Expedition 1910 г., station 30; P_2 — *Planet* Exped. 1909 г., st. 2; Da I, Da II, Da III и Da IV—датскія наблюденія 1906 г.; A 12 и A 22—



Фиг. 176. Гидрологическій разрѣзъ отъ Гибралтара до Фарёрскихъ о-въ. Температура и соленость.

станціи Амундсена 1910 г.; Sc I и Sc 13 A — Шотландскія станціи 1910 г., F 46 — станція *Frithjof* 1910 г. Такимъ образомъ большая часть наблюденій разрѣза одного и того же года и притомъ всѣ послѣднихъ лѣтъ; слѣдовательно, всѣ работы произведены современными способами и сравнимы между собою. На разрѣзѣ надъ мѣстомъ каждой станціи поставлено ея обозначеніе, время наблюденія и слѣва — температуры, а справа — солености для поверхности; для послѣднихъ на слѣдующихъ глубинахъ даны только десятыя и сотыя долп. Сплошныя линіи есть изогалины, линіи черточками—изотермобаты. Области солености болѣе 36,00, отъ 36.00—35,40, отъ 35,40—35,30 и отъ 35,30 до 35,00 различно заштрихованы. Глубины въ метрахъ и на разрѣзѣ и на картѣ. Горизонтальный масштабъ 1 : 36.000.000, вертикальный 1 : 30.000.

На разрѣзѣ хорошо видно, какъ тяжелая и теплая вода (10°,5 и болѣе 36,00 ‰) на глубинѣ 1.000—1.200 м. занимаетъ большую область на станціи *III*, и затѣмъ на всѣхъ станціяхъ до *A* — 12 имѣются характерные изгибы изогалинъ на тѣхъ же глубинахъ. Это показываетъ, что тяжелая и теплая вода нижняго теченія въ Гибралтарскомъ пр., вытекающая изъ Средиземнаго м. (стр. 169, фиг. 47), уклоняясь вправо, распространяется къ сѣверу вдоль окраины материковаго склона Европы, такимъ образомъ значительная часть глубинной воды до самаго порога У. Томсона принесена сюда изъ Средиземнаго м.

Станціи A—22 и *Sc*—13 A и F—46 показываютъ, какое большое вліяніе на распредѣленіе температуры и солености имѣетъ рельефъ дна. По южную (лѣвую на черт.) сторону у порога на 650 м. температура 8° и S — 35,28 ‰, по сѣверную его сторону на той же глубинѣ температура 0° и S — 34,91 ‰ *). Разрѣзъ этотъ тоже построенъ Нансеномъ.

Для того, чтобы гидрологическіе разрѣзы давали болѣе обстоятельныя свѣдѣнія, необходимо, чтобы они были построены по одновременнымъ наблюденіямъ, одинаково произведеннымъ и обработаннымъ, и чтобы станціи были бы тѣмъ чаще, чѣмъ условія распредѣленія глубинныхъ слоевъ сложнѣе.

Кромѣ того, поперечныя гидрологическія сѣченія теченій, гдѣ проведены линіи равныхъ плотностей (изопикны), даютъ возможность вычислять, хотя бы приблизительно, скорость, съ которою масса воды проходитъ сквозь сѣченіе **).

Какіе выводы можно сдѣлать относительно движеній водъ на глубинахъ океановъ, изучая помощью такихъ же разрѣзовъ распредѣленіе газовъ, было уже показано выше въ главахъ V и VI (стр. 112—113 и 163).

Біологическія указанія на существованіе теченій. — Животная и растительная жизнь въ океанахъ находится въ очень тѣсной связи съ физическими свойствами среды, и потому наблюденія біологическія, т.-е.

*) На разрѣзѣ фиг. 171, въ его правой крайней части, на глубинахъ 500—1.000 м. на станціяхъ: Sc. 13 A и F46, по ошибкѣ изогалина, лежащая ниже изогалины 35,00, названа опять 35,00, должно быть 34,90.

**) Для такихъ вычисленій существуетъ болѣе точный способъ Бьеркнеса и болѣе приблизительный Нансена.

изученіе распредѣленія животныхъ и растеній, даютъ возможность дѣлать заключенія и о движеніи океаническихъ водъ какъ на поверхности, такъ и на глубинахъ. Изученіе пелагическаго планктона (т.-е. поверхностнаго планктона открытаго океана и морей) принесло уже громадную пользу для улучшенія и поднятія рыбныхъ промысловъ и въ то же время позволило указать мѣры, чтобы промысла не уничтожали сами себя, не были бы хищническимъ использованіемъ запасовъ промысловыхъ животныхъ въ моряхъ. Вмѣстѣ съ этимъ изученіе планктона дало возможность во многихъ случаяхъ подтвердить заключенія о томъ или иномъ распредѣленіи теченій, выведенномъ изъ совершенно иныхъ соображеній, или высказать самостоятельные взгляды на источникъ происхожденія глубинныхъ водъ въ данномъ мѣстѣ, а слѣдовательно, и на общій характеръ движенія водъ на глубинахъ океановъ.

Подобныя попытки въ широкомъ смыслѣ были сдѣланы Клеве и А. Кларкомъ, первымъ по вопросу о происхожденіи большей части массы воды, которая подъ именемъ сѣв.-вост. вѣтви Гольфстрима или, какъ теперь иногда называютъ, Атлантическаго теченія, направляется между Шотландіей и Фарёрскими о-вами въ Сѣверно-Европейское м. По предположенію Клеве, основанному на изученіи распространенія планктона, свойственнаго водамъ восточной части Атлантическаго ок., главная масса воды, участвующей въ вышеупомянутомъ теченіи, имѣетъ свое начало въ теченіи, идущемъ отъ М. Доброй Надежды далѣе на сѣверъ, по мнѣнію Клеве, подъ экваторіальнымъ теченіемъ вдоль береговъ Европы. Пока это предположеніе представляетъ совершенно единственную попытку высказать новый взглядъ на глубоководную циркуляцію Атлантическаго ок.; однако, приведенный выше въ видѣ примѣра гидрологическій разрѣзъ Нансена (фиг. 176) показываетъ, что, начиная отъ Гибралтарскаго пр. до Фарёрскихъ о-въ, повидимому, дѣйствительно существуетъ на глубинахъ движеніе воды къ сѣверу, при чемъ часть воды, идущая на глубинахъ вдоль Ирландіи на сѣверъ, приносится изъ Средиземнаго м. Конечно, отсюда еще нельзя выводить какихъ-либо твердыхъ заключеній, но и пренебрегать этими наблюденіями нельзя.

Другимъ примѣромъ пользованія біологическими указаніями при изученіи теченій служитъ работа того же Клеве о распредѣленіи по поверхности сѣв. Атлантическ. ок. фито-планктона, который только и можетъ передвигаться, переносясь вмѣстѣ съ теченіями.

Согласно этому автору, растительный планктонъ, свойственный Антильскому теченію, не распространяется въ западной части океана далѣе 40° с. ш., т.-е. сѣвернѣе Гольфстрима. Въ свою очередь растительный планктонъ полярныхъ водъ встрѣчается только въ водахъ полярныхъ теченій вдоль береговъ Гренландіи и Лабрадора, не спускаясь на югъ далѣе Ньюфаундлендской банки, т.-е. до встрѣчи Лабрадорскаго теченія съ Гольфстримомъ.

Фито-планктонъ тропическаго происхожденія нерѣдко встрѣчается въ Ламаншѣ во вторую половину лѣта.

Все это подтверждаетъ распредѣленіе и границы теплыхъ и холодныхъ, соленыхъ и болѣе распрѣсненныхъ водъ по поверхности Атлантическаго ок., добытыхъ на основаніи совершенно иныхъ данныхъ.

А. Кларкъ, американскій ученый, недавно (1914 г.) опубликовалъ свою работу о глубоководной циркуляціи въ океанахъ на основаніи распредѣленія нѣкоторыхъ родовъ планктона *(Crinoids)*, которые живутъ прикрѣпленными къ дну, и потому и распредѣленіе ихъ

можетъ происходить только медленно. Авторъ полагаетъ, что подобному медленному распредѣленію этого рода животныхъ способствуетъ совершающееся на глубинахъ медленное передвиженіе водъ съ юга на сѣверъ, потому что разбираемый имъ родъ планктона антарктическаго происхожденія и требуетъ для своего существованія условій, свойственныхъ этимъ водамъ. Потому авторъ думаетъ, что разселеніе криноидъ могло происходить только при условіи движенія водъ на большихъ глубинахъ изъ антарктическихъ широтъ къ сѣверу; тѣмъ болѣе, что и вообще животныя встрѣчаются въ придонныхъ слояхъ въ большемъ числѣ въ южныхъ частяхъ океановъ, нежели въ сѣверныхъ, слѣдовательно, тамъ условія для развитія жизни болѣе подходящія, главнымъ образомъ вслѣдствіе большаго количества кислорода, содержащагося въ водахъ. Кислородъ же былъ запасенъ этими водами въ южныхъ полярныхъ широтахъ.

Все сказанное вообще подтверждается и океанографическими данными распредѣленія придонной температуры, солености и газовъ (см. выше главы IV и V).

Примѣромъ болѣе частнаго случая пользованія біологическими наблюденіями для изученія теченій можетъ служить слѣдующій случай. Въ 1903 г. около устьевъ р. Эльбы въ Нѣмецкомъ м. были найдены діатомовыя водоросли вида *Biddulphia Sinensis Grev.*, обычно встрѣчающіяся только въ водахъ Краснаго моря и Сіамскаго зал., вообще тропическій видъ берегового фито-планктона, обыкновенно требующій для своего существованія температуры въ 26°—27° и $S = 36‰$. Впослѣдствіи опыты показали, что эта водоросль можетъ мѣнять свой удѣльный вѣсъ и, слѣдовательно, приспособляться къ водамъ разныхъ соленостей и температуръ. Повидимому, эти водоросли были случайно занесены какимъ-либо судномъ, шедшимъ изъ тропиковъ въ Гамбургъ. Отсюда онѣ постепенно стали распространяться къ сѣверу вдоль Ютландіи, потомъ по Скагерраку, и наконецъ въ 1905 г. были найдены въ глубинной водѣ въ Данцигской бухтѣ, въ томъ именно слоѣ воды, который, какъ удостовѣрено другими наблюденіями, приходитъ изъ Нѣмецкаго м. нижнимъ теченіемъ въ Балтійское м. (см. стр. 106—107). Такъ какъ фито-планктонъ удерживается на плаву приспособленіемъ своего удѣльнаго вѣса къ таковому же среды, гдѣ онъ плаваетъ, то въ случаѣ перехода теченія изъ поверхностнаго въ подводное, вмѣстѣ съ нимъ опускаются и водоросли. Такимъ путемъ онѣ и проникли въ Балтійское м. изъ Нѣмецкаго; обыкновенные поплавки не могли бы послѣдовать за теченіемъ въ глубину, потому въ этомъ отношеніи фито-планктонъ можетъ дать лучшія указанія о распространеніи теченій. Такимъ образомъ физическіе способы изслѣдованія теченій были подтверждены біологическими данными, и обратно, послѣднія могутъ указывать на необходимость океанографическихъ изслѣдованій въ какой-либо области.

Способы обработки наблюденій теченій, произведенныхъ на судахъ, и ихъ графическаго изображенія на картахъ. — Матеріалы относительно поверхностныхъ теченій въ особенно большомъ количествѣ собраны плавающими судами помощью сопоставленія обсервованнаго и счисляемаго мѣстъ корабля, эти свѣдѣнія и служатъ основаніемъ для составленія картины теченій въ океанахъ. При обработкѣ судовыхъ наблюденій теченій поступаютъ подобно тому, какъ и при такой же работѣ для другихъ океанографическихъ наблюденій, т.-е. прежде всего распредѣляютъ весь имѣющійся матеріалъ по квадратамъ. При выборѣ величины квадрата принимаютъ во вниманіе, какое пространство океана можетъ быть принято однороднымъ въ смыслѣ теченій, а также

количество имѣющихся наблюденій и желаемую степень подробности обработки. Обычно квадраты не бываютъ болѣе 10°, часто 5°, иногда 2° и даже 1°. Распредѣливъ матеріалъ по квадратамъ, его разбираютъ въ каждомъ изъ нихъ по мѣсяцамъ, не обращая вниманія на годъ наблюденія *). Всѣ наблюденія въ каждомъ квадратѣ относятъ къ его центру. Дальнѣйшая обработка отличается отъ того, какъ это дѣлается для другихъ элементовъ (температуры, солености, см. стр. 90); тамъ выводили среднія величины для центра квадрата, при обработкѣ же теченій прежде всего надо рѣшить, какой способъ изображенія будетъ избранъ для выраженія теченій на картѣ, да вообще и самая обработка ведется иначе, какъ это дальше объяснено. Чтобы яснѣе представить характеръ работы и достигаемые результаты, далѣе приведены примѣры картъ теченій, обработанныхъ и представленныхъ разными способами.

Въ новѣйшихъ обработкахъ теченій на картахъ введено важное усовершенствованіе (по почину голландцевъ), а именно способы изображенія теченій даютъ болѣе точное понятіе о важномъ свойствѣ теченій— ихъ *устойчивости*, т.-е. насколько теченіе въ данномъ мѣстѣ сохраняетъ постоянный характеръ. Если просмотрѣть карты теченій за разные мѣсяцы или даже за одинъ мѣсяцъ для сосѣднихъ мѣстъ, то нетрудно видѣть, что даже самыя постоянныя теченія въ томъ же самомъ мѣстѣ имѣютъ замѣтныя колебанія; обыкновенно устойчивость ихъ не превосходитъ 75—80%. Примѣромъ тому могутъ служить ниже приведенные образцы картъ теченій Индійскаго ок. (фиг. 177—179) и у м. Доброй Надежды за два мѣсяца (фиг. 180, стр. 448).

Обыкновенно вездѣ помѣщаемыя обзорныя карты теченій, подобныя приложенной далѣе (фиг. 197—198, см. далѣе), даютъ значительно обобщенную картину теченій, гдѣ послѣднія выражены согласными кривыми линіями, теплыя — сплошными или красными, холодныя — прерывистыми или синими линіями. Такія карты даютъ только общее понятіе о системѣ поверхностныхъ теченій въ океанахъ, въ дѣйствительности же это явленіе далеко не отличается столь большимъ постоянствомъ, какъ это можно было бы заключить, разсматривая однѣ только обзорныя карты теченій. Потому-то и важно введеніе въ изученіе теченій и въ способы ихъ изображеній на картахъ болѣе точнаго выраженія числомъ понятія объ ихъ устойчивости.

*) Несомнѣнно, въ будущемъ надо ожидать появленія обработокъ и по отдѣльнымъ годамъ.

Обработка наблюденій въ каждомъ квадратѣ. — Обработка наблюденій теченій для вывода равнодѣйствующаго направленія теченія въ каждомъ квадратѣ производится слѣдующимъ образомъ. Для полученія равнодѣйствующаго направленія каждое изъ наблюденныхъ направленій теченій разлагается на взаимно перпендикулярныя составляющія по параллели и по меридіану, что̀ очень легко производится по таблицамъ «разностей широтъ и отшествія» (табл. 4 и 5 Мореходныхъ таблицъ Гл. Гидрограф. Упр., изданіе 1905 г.); принимая затѣмъ теченіе за плаваніе, по немъ находятъ соотвѣтственныя курсу—направленію теченія—разность широтъ и отшествіе, которыя и есть искомыя составляющія по меридіану и по параллели. Принявъ для противоположныхъ направленій разные знаки, всѣ составляющія въ томъ же квадратѣ алгебраически складываютъ и по двумъ полученнымъ суммамъ въ тѣхъ же таблицахъ находятъ соотвѣтственный курсъ, дающій направленіе равнодѣйствующаго теченія. Такъ выведенное среднее направленіе называется механическимъ среднимъ.

Среднюю же скорость находятъ, какъ ариѳметическое среднее изъ скоростей всѣхъ наблюденій.

При нахожденіи по таблицамъ механическаго средняго направленія теченія, одновременно получаютъ изъ нихъ же и плаваніе; принимая его за скорость равнодѣйствующаго теченія, находятъ отношеніе его къ средней ариѳметической изъ всѣхъ наблюдавшихся скоростей, результатъ и будетъ—*устойчивость*, которую выражаютъ въ процентахъ.

Понятіе объ *устойчивости* теченій введено было голландскими океанографами, и оно даетъ очень важныя указанія для науки и для морской практики.

Напримѣръ, если въ какомъ-либо квадратѣ изъ 16 отдѣльныхъ наблюденій теченій всѣ имѣли одинаковое направленіе, то устойчивость будетъ 100%. Если же каждое изъ наблюденій было различнаго направленія, то, вычисливъ механическое равнодѣйствующее (или, что̀ то же самое—генеральный курсъ въ сложномъ счисленіи пути корабля), положимъ, получимъ для квадрата Атлантическаго ок. 5°—10° с. ш., 20°—25° з. д. въ Сентябрѣ мѣсяцѣ:—число наблюденій 816, равнодѣйствующее направленіе NE 76°, механическая равнодѣйствующая скорости—14,5 морск. миль, ариѳметическая средняя скорость—18,9 м.м. Отсюда: устойчивость $= 14{,}5 \times 100 : 18{,}9 = 77\%$; а такъ какъ число наблюденій большое—816, то и вѣроятность результата значительная. Для квадрата 10°—15° с. ш., 25°—30° з. д. въ Сентябрѣ:—число наблюденій 618, равнодѣйствующее направленіе—SW 89°, механич. равнод. скорости—3,4 м.м., ариѳмет. средняя скорость—13,8 м.м. Устойчивость $= 3{,}4 \times 100 : 13{,}8 = 25\%$, т.-е. малая, а число наблюденій большое, значитъ, вѣроятность измѣнчивости теченій въ этомъ квадратѣ въ Сентябрѣ большая. Оба примѣра взяты изъ голландскихъ наблюденій. Квадраты нарочно взяты сосѣдніе, первый въ области экваторіальнаго Противотеченія или Гвинейскаго теченія, а второй къ сѣверу, въ переходной полосѣ океана отъ Противотеченія къ сѣверному Экваторіальному теченію. Такимъ образомъ оказывается, что въ двухъ квадратахъ, лежащихъ рядомъ, условія устойчивости теченій могутъ значительно различаться.

Способы изображенія теченій на картахъ.—Первый пріемъ обработки и изображенія теченій, здѣсь указанный, употребляется въ *англійскихъ* морскихъ изданіяхъ. Сперва весь матеріалъ обрабатывается по 2°—1° квадратамъ, для каждаго изъ которыхъ опредѣляются равнодѣйствующія теченій. Все это наносится на карту крупнаго масштаба и затѣмъ обобщается, отчасти на глазъ, и переносится на карты меньшаго масштаба, предназначенныя къ изданію. На нихъ теченія обозначены волнистыми стрѣлками, тѣмъ болѣе длинными, чѣмъ скорость теченія больше (0,5 дюйма = 100 морск. м. въ 24 ч.); гдѣ наблюденій было много, у стрѣлокъ поставлено по двѣ цифры, напримѣръ, 10—30, меньшая цифра соотвѣтствуетъ наименьшей, а большая—наивысшей скоростямъ

теченій за 24 ч. въ этомъ мѣстѣ. Если наименьшая цифра нуль, то, очевидно, теченіе въ этомъ мѣстѣ мало постоянно, неустойчиво. Въ мѣстахъ, гдѣ замѣтныхъ теченій не обнаружено, на картѣ поставленъ кружочекъ съ точкою въ центрѣ. Гдѣ наблюденій мало, тамъ стрѣлки безъ цифръ и короткія. Пустыя мѣста на картѣ соотвѣтствуютъ отсутствію достаточнаго числа наблюденій; суда въ океанахъ ходятъ по кратчайшимъ путямъ по времени, и, слѣдовательно, въ океанахъ есть и большія дороги и пространства, гдѣ суда бываютъ рѣдко и случайно. Предѣломъ точности опредѣленія теченія принята величина 6 морск. миль, потому каждое опредѣленіе теченія въ 6 м.м. за 24 ч. считалось за отсутствіе теченія.

Матеріалъ, послужившій для составленія картъ теченій, Англійскаго Адмиралтейства обширнѣе, нежели какой-либо иной. Для атласовъ трехъ океановъ по 12 картъ каждый были использованы наблюденія 5.500 судовыхъ журналовъ, имѣвшихся въ Метеорологическомъ бюро, 13.000 журналовъ военнаго флота, начиная съ 1830 г., послѣ того, какъ хронометры были сдѣланы обязательными при плаваніи въ океанѣ; 15.000 опредѣленій теченій нѣмецкихъ судовъ; 9.000—французскихъ судовъ и еще наблюденія: голландскихъ, австрійскихъ и русскихъ судовъ. Обработка продолжалась 8 лѣтъ.

Въ видѣ примѣра здѣсь приведена часть карты теченій Индійскаго ок. за Іюль мѣсяцъ, когда въ сѣверномъ полушаріи развитъ *SW* муссонъ (фиг. 177). Къ югу отъ Цейлона и у берега Африки, какъ видно на картѣ, теченія обладаютъ большими скоростями.

Кромѣ атласовъ для трехъ океановъ *), Англійское Адмиралтейство издало еще карту Мірового океана съ теченіями въ среднемъ за годъ, выраженными такимъ же образомъ (см. далѣе, фиг. 194).

Другой пріемъ способа изображенія теченій заимствованъ изъ метеорологіи, а именно способъ *розъ теченій;* въ этомъ случаѣ обработка теченій въ каждомъ квадратѣ ведется какъ и для розъ вѣтровъ, т.-е. всѣ наблюденія раздѣляются на столько группъ, для сколькихъ направленій желаютъ получить розу теченій. Каждая роза строится для центра квадрата.

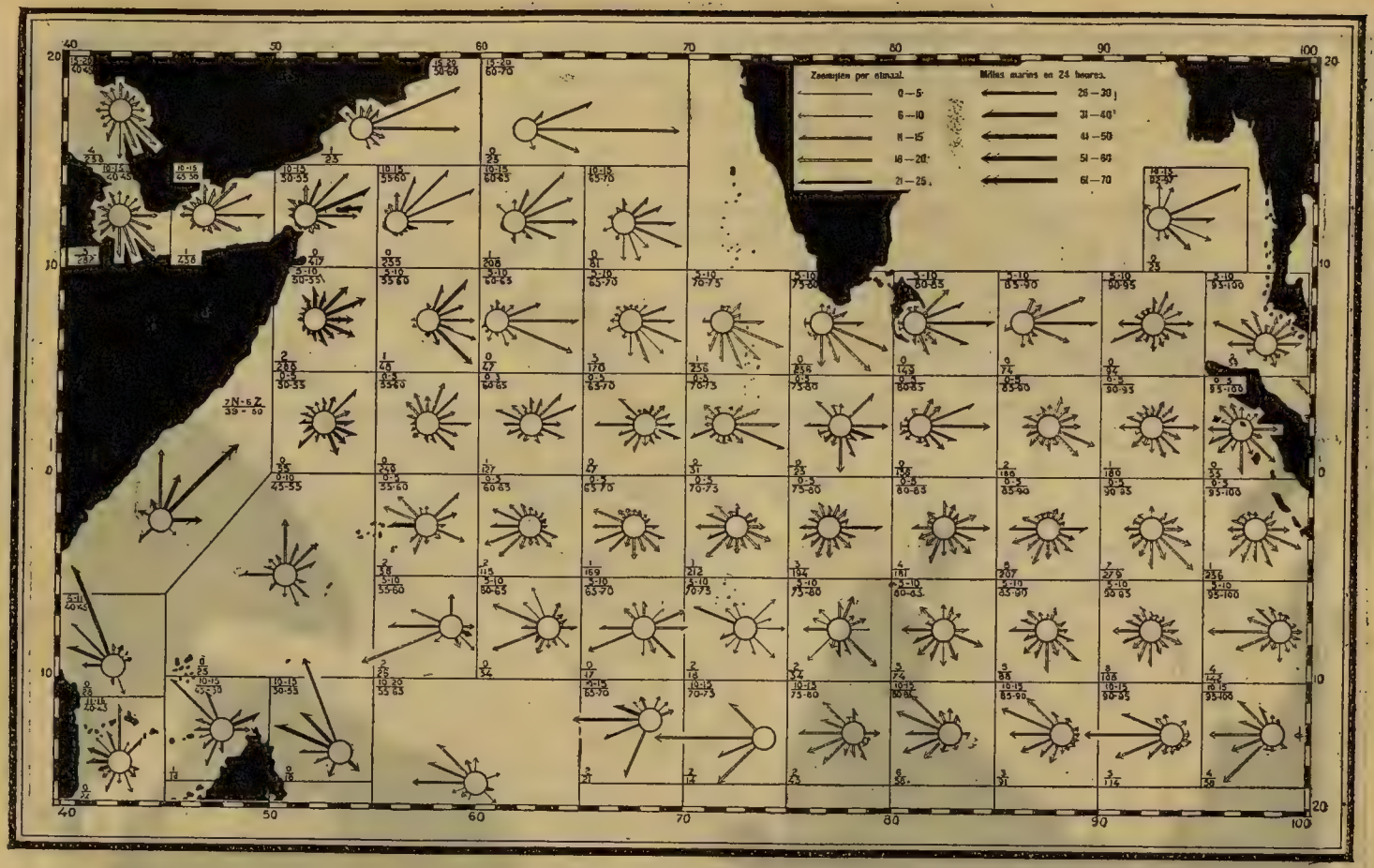
Для примѣра приведена часть карты теченій Сѣвернаго Индійскаго ок. (фиг. 178) тоже за Іюль мѣсяцъ (чтобы способы изображеній легче было сравнить между собою), заимствованная изъ голландскаго атласа, построеннаго на основаніи наблюденій голландскихъ судовъ за время съ 1856—1908. Въ каждомъ 5°-мъ квадратѣ дана роза теченій на 16 направленій **). Числа въ лѣвомъ верхнемъ углу квадратовъ показываютъ широты и долготы его; числа въ лѣвомъ нижнемъ углу даютъ: знаменатель—число наблюденій, числитель—число наблюденій, когда теченія не было, а оба числа вмѣстѣ даютъ понятіе вѣроятности розы теченій. Скорость теченій въ морскихъ миляхъ за 24 ч. выражена видомъ стрѣлокъ согласно приложенной шкалѣ; чѣмъ стрѣлка толще и чѣмъ больше на ней усиковъ, тѣмъ и скорость больше. Устойчивость показана длиною стрѣлокъ по линейному масштабу, приложенному на картѣ (на фиг. 178 его нѣтъ), въ процентахъ. Пустые квадраты остались тамъ, гдѣ число наблюденій было недостаточно.

Третій способъ изображенія теченій данъ на примѣрѣ, взятомъ изъ нѣмецкаго атласа Индійскаго ок. за Январь мѣсяцъ (фиг. 179). На картѣ обозначены по возможности всѣ случаи отдѣльныхъ наблюденій теченій, каждое особою стрѣлкою; скорости за 24 ч. въ морскихъ миляхъ выражены толщиною стрѣлокъ, чѣмъ толще—тѣмъ скорость больше, на

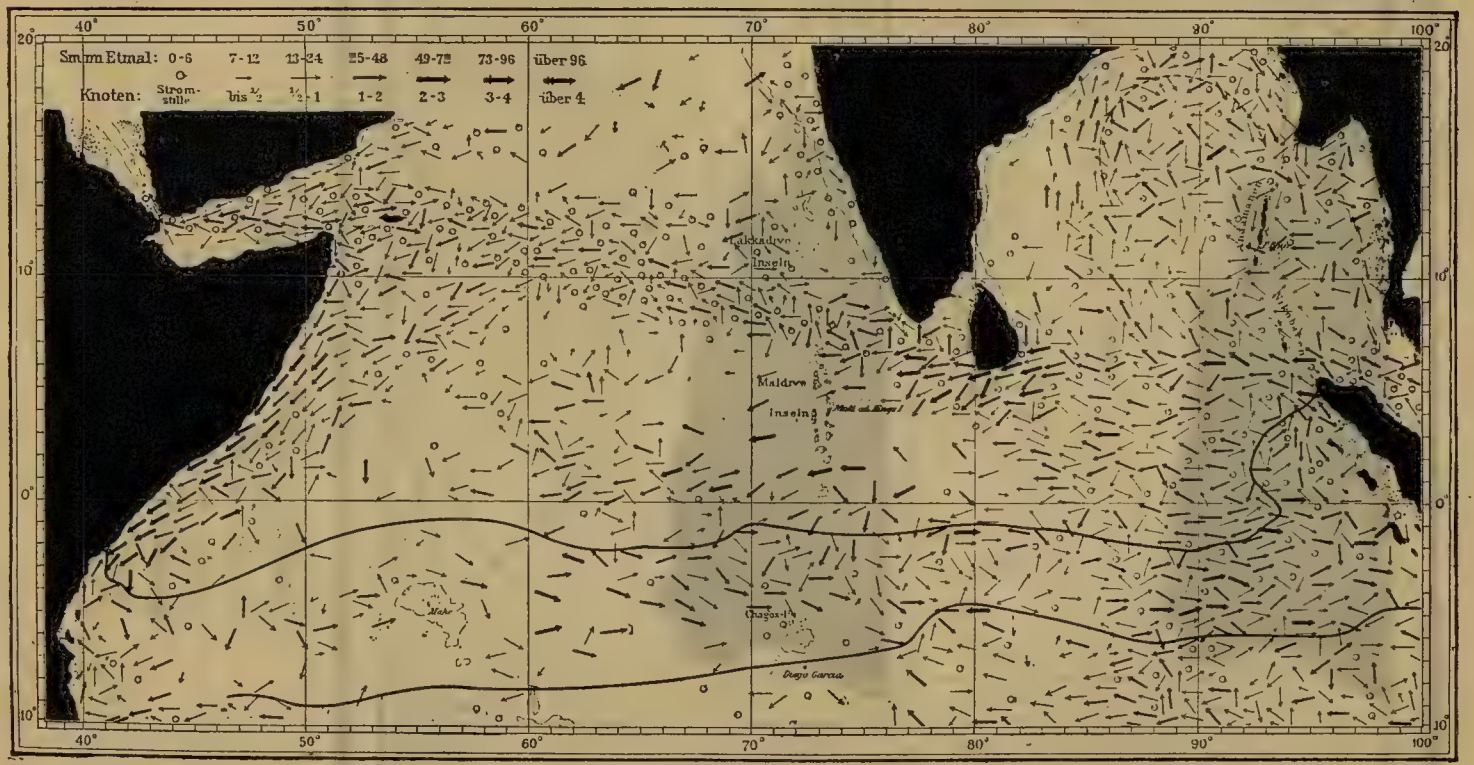
*) Pacific. oc. 1897, Indian oc. 1896, Atlantic oc. 1897, World chart—1900.

**) Не надо забывать, что вѣтеръ дуетъ въ компасѣ, а теченіе идетъ изъ компаса; т.-е. вѣтеръ обозначается румбомъ, отъ котораго онъ дуетъ, а теченіе—румбомъ, къ которому оно идетъ.

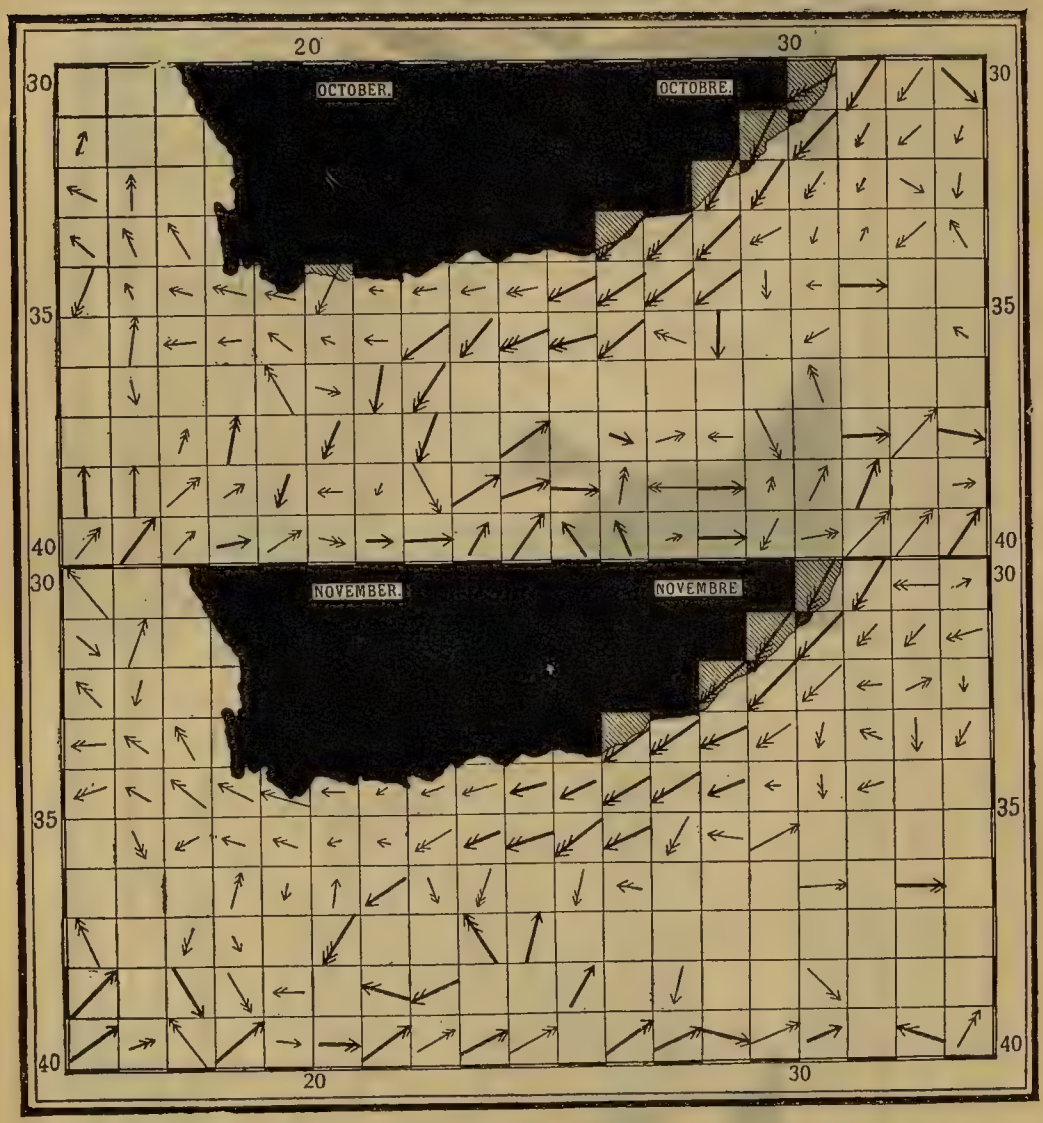
Фиг. 177. Теченія Индійскаго ок. Іюль. Изъ англійскаго атласа теченій.



Фиг. 178. Теченія Индійскаго ок. Іюль. Изъ голландскаго атласа теченій.



Фиг. 179. Теченія Индійскаго ок. Январь. Изъ нѣмецкаго атласа теченій. Дв̀ извилистыя линіи къ югу отъ экватора ограничиваютъ область, гдѣ теченія перемѣнчивы; въ атласѣ онѣ зеленыя, а стрѣлки красныя.



Zeemijlen per etmaal.		Milles marins en 24 heures.	
⟵	0—4.9		
⟵	5—9.9	⟸	30—39.9
⟵	10—14.9	⟸	40—49.9
⟵	15—19.9	⟸	50—59.9
⟵	20—29.9	⟸	60—69.9

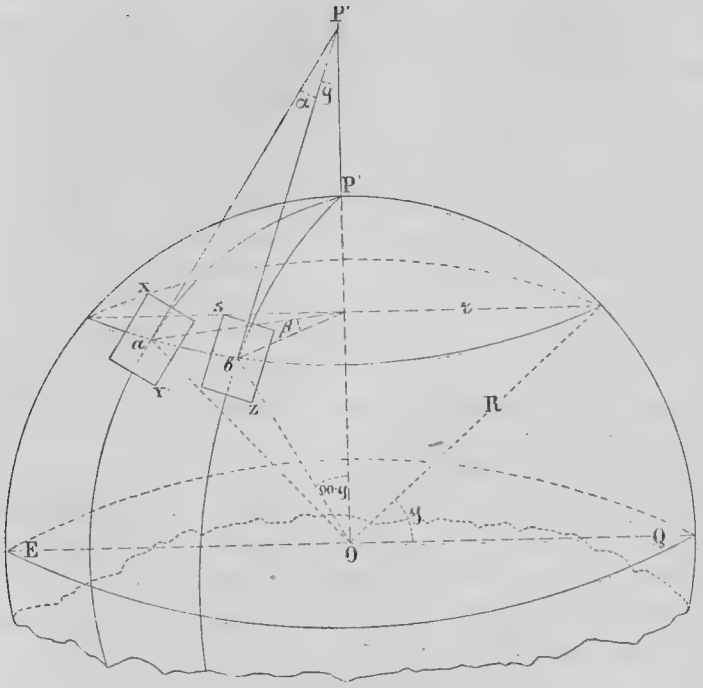
Фиг. 180. Теченіе Игольное. Изъ голландскаго атласа

картѣ дана шкала скоростей. Случаи, когда теченіе не наблюдалось (или оно было меньше 6 м.м. за 24 ч.), обозначены кружкомъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ это было. Для того, чтобы дать понятіе объ устойчивости, въ атласѣ для каждаго мѣсяца дана еще карта того же масштаба, гдѣ построены розы теченій по квадратамъ, и тамъ устойчивость выражена тѣмъ же способомъ, какъ и въ голландскомъ атласѣ. Объ карты вмѣстѣ даютъ понятіе и о степени вѣроятности теченій. Атласъ составленъ на основаніи нѣмецкихъ и голландскихъ наблюденій, общее число наблюденій было 221.979, а для января число ихъ было—19.795.

Четвертый пріемъ изображенія теченій показанъ на примѣрѣ, заимствованномъ изъ голландскаго атласа для Игольнаго теченія около южной оконечности Африки (фиг. 180) для мѣсяцевъ Октября и Ноября. Теченія показаны для каждаго 1° квадрата одною равнодѣйствующею всѣхъ наблюдавшихся направленій. Скорость въ морскихъ миляхъ въ 24 ч. выражена толщиною стрѣлокъ и числомъ усовъ на нихъ по шкалѣ, приложенной на картѣ. Устойчивость выражена въ процентахъ длиною стрѣлокъ, 75% устойчивости или болѣе показаны стрѣлками отъ края до края квадрата, а меньшее число процентовъ показано соотвѣтственно болѣе короткими стрѣлками въ три четверти, половину и четверть этой наибольшей величины. Два послѣдовательныхъ мѣсяца приведены здѣсь, чтобы видѣть, насколько и столь устойчивое теченіе, какъ Игольное, все-таки мѣняется изъ мѣсяца въ мѣсяцъ даже въ среднихъ за мѣсяцъ величинахъ (фиг. 180).

Вліяніе вращенія земли на теченія.—***Выводъ закона уклоняющей силы, происходящей отъ вращенія земли на оси и вліяющей на всѣ движущіяся по землѣ частицы.*** — Пусть на поверхности земли проведено два близкихъ другъ къ другу меридіана (фиг. 181) Pa и Pb и параллель широты φ. Въ точкахъ a и b пересѣченій параллели съ меридіанами проведены касательныя P^1a и P^1b къ меридіанамъ; очевидно, онѣ пересѣкутся на продолженіи земной оси въ той же точкѣ P^1. Въ точкахъ a и b проведемъ плоскости xy и sz, касательныя къ земной поверхности, слѣдовательно, линіи P^1a и P^1b будутъ лежать въ этихъ плоскостяхъ. Согласно опредѣленію понятія о горизонтѣ, каждая изъ проведенныхъ плоскостей есть горизонтъ для точекъ земной поверхности a и b.

Вслѣдствіе суточнаго вращенія земли на оси, всѣ точки ея поверхности равномѣрно переносятся съ запада на востокъ. Слѣдовательно, если въ какой-либо моментъ нѣкоторая точка земной поверхности совпадаетъ съ точкою a, то послѣ поворота земли на уголъ β (соотвѣтствующій углу α между касательными P^1a и P^1b) точка a перейдетъ въ точку b, а плоскость горизонта xy перемѣстится въ положеніе плоскости sz, при чемъ по отношенію къ своему первоначальному положенію плоскость горизонта xy повернется на нѣкоторый уголъ влѣво около вертикальной линіи, проходящей черезъ данную точку на земной поверхности. Поворотъ горизонта совершается непрерывно вмѣстѣ съ вращеніемъ земли на оси, и когда земля повернется на уголъ β, то и горизонтъ xy по-



Фиг. 181. Вліяніе вращенія земли.

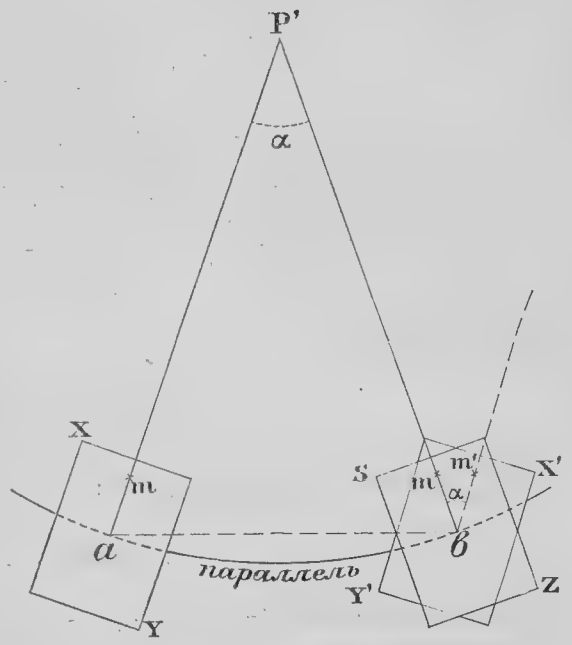
вернется въ своей плоскости около вертикали данной точки, какъ разъ настолько, что касательная P^1a совпадетъ съ касательною P^1b.

Чтобы выяснить указанный поворотъ плоскости горизонта около вертикали избранной точки, изобразимъ два послѣдовательныхъ положенія плоскости горизонта xy въ болѣе крупномъ масштабѣ на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 182), гдѣ даны касательныя P^1a и P^1b и обѣ плоскости горизонта для точекъ a и b.

Изберемъ гдѣ-либо въ небольшомъ разстояніи отъ a другую точку на поверхности земли; по малости ея удаленія отъ a ее можно считать лежащею тоже въ плоскости горизонта xy. Пусть это будетъ точка m на меридіанѣ aP.

Повернемъ плоскость горизонта xy около линіи aP^1 (фиг. 182) такъ, чтобы она совпала съ плоскостью треугольника aP^1b, при этомъ линія am будетъ продолжать совпадать съ линіей aP^1. Если теперь въ плоскости треугольника aP^1b передвинуть направо горизонтъ xy такъ, чтобы линія am оставалась все время параллельной aP^1, пока точка a

не совмѣстится съ точкою b, то плоскость горизонта xy займетъ новое положеніе x^1y^1. При этомъ линія am или въ новомъ положеніи линія bm^1 составитъ съ касательною bP^1 уголъ α.



Фиг. 182. Поворотъ горизонта.

Чтобы плоскость x^1y^1 совпала съ плоскостью горизонта sz, ее надо повернуть около линіи bP^1; при этомъ поворотѣ линія bm сохранитъ въ пространствѣ свое положеніе, и уголъ α не измѣнится, а плоскость x^1y^1 займетъ въ пространствѣ то самое положеніе, какое горизонтъ занимаетъ по отношенію къ землѣ въ точкѣ b на чертежѣ фиг. 181. По совпаденіи этихъ плоскостей, точка m^1 окажется *вправо* отъ направленія меридіана bP^1 на уголъ α.

Между тѣмъ точка m принадлежитъ земной поверхности и находилась въ покоѣ на меридіанѣ, пока земля повернулась на уголъ β (фиг. 181), слѣдовательно, уголъ α появился только вслѣдствіе поворота плоскости горизонта около вертикальной линіи въ точкѣ b влѣво отъ направленія bm^1 на уголъ α.

Найти выраженіе для угла α можно такимъ путемъ.

Предположимъ, что поворотъ земли на уголъ β происходитъ въ очень малый промежутокъ времени, тогда имѣемъ:

$$\alpha = \frac{ab}{aP'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

гдѣ ab есть дуга параллели (фиг. 181).

Съ другой стороны:

$$ab = \beta r$$

а:

$$r = R \operatorname{Cos} \varphi$$

слѣдовательно

$$ab = \beta . R \operatorname{Cos} \varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (a)$$

Въ свою очередь, имѣемъ:

$$\operatorname{Sin}\varphi = \frac{r}{aP'}$$

откуда $$aP' = r\operatorname{Cos}\varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (b)$$

Подставляя величины (a) и (b) въ уравненіе (I), получаемъ:

$$\alpha = \frac{\beta . R\operatorname{Cos}\varphi}{r\operatorname{Cos}\varphi}$$

замѣняя r черезъ $R\operatorname{Cos}\varphi$, имѣемъ:

$$\alpha = \frac{\beta . R\operatorname{Cos}\varphi}{R\operatorname{Cos}\varphi . \operatorname{Cos}\varphi} = \frac{\beta}{\operatorname{Cos}\varphi}$$ или

окончательное выраженіе для угла α

$$\alpha = \beta\operatorname{Sin}\varphi \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{II}$$

Въ этомъ выраженіи уголъ поворота земли β можетъ быть замѣненъ угловою скоростью вращенія земли. Дѣйствительно, уголъ:

$$\beta = \frac{2\pi}{24 . 60 . 60}$$ секундъ,

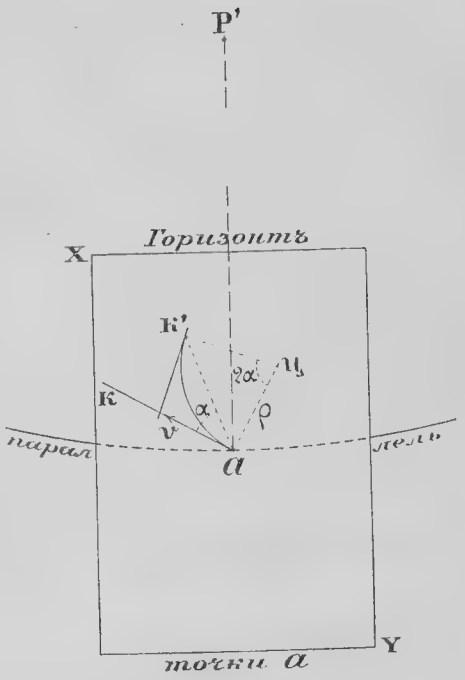
что и есть угловая скорость вращенія земли, обыкновенно обозначаемая буквою ω. Слѣдовательно, имѣемъ окончательно:

$$\alpha = \omega\operatorname{Sin}\varphi \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{III}$$

Пользуясь этимъ значеніемъ для угла α, легко вывести выраженіе уклоняющей силы, происходящей отъ вращенія земли на оси.

Предположимъ, что въ плоскости горизонта нѣкоторой точки a (фиг. 183) земной поверхности имѣется матеріальная частица a, могущая свободно перемѣщаться по поверхности земли. Пусть къ этой частицѣ приложена нѣкоторая сила, сообщившая частицѣ a скорость v по произвольному направленію ak. Если бы земля не вращалась на оси, и, слѣдовательно, какъ показано выше, горизонтъ вслѣдствіе того не вращался бы около вертикали точки a, то черезъ нѣкоторый промежутокъ времени частица изъ точки a перешла бы въ точку k. Но, вслѣдствіе

вращенія земли на оси и происходящаго оттого вращенія горизонта (въ сѣв. полуш. влѣво), частица, продолжая двигаться по инерціи по полученному ею въ точкѣ a направленію, придетъ черезъ тотъ же промежутокъ времени не въ k, а въ точку k^1, и линія ak^1 составитъ съ линіей ak уголъ α, выражающій величину отклоненія матеріальной частицы отъ даннаго ей въ точкѣ a направленія движенія по ak, вслѣдствіе вращенія земли на оси.



Фиг. 183. Опредѣленіе уклоняющей силы.

Выше было показано, что для промежутка времени въ одну секунду

$$\alpha = \omega \operatorname{Sin} \varphi.$$

Предположимъ, что частица изъ точки a двигается равномѣрно къ точкѣ k^1 по окружности, т.-е. возьмемъ простѣйшій случай движенія. Центръ окружности ложитъ въ точкѣ u (фиг. 183). При движеніи по кривой появляется центробѣжная сила, и, чтобы частица все-таки двигалась по окружности, необходимо существованіе центростремительной силы, равной по величинѣ центробѣжной.

Центробѣжная сила получается изъ слѣдующаго выраженія:

$$f = \frac{v^2 m}{\rho}$$

гдѣ v—скорость движенія частицы, m — ея масса, а ρ — радіусъ кривизны пути. Если принять массу частицы за единицу, то имѣемъ:

$$f = \frac{v^2}{\rho} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (c)$$

На чертежѣ (фиг. 183) видно, что дуга

$$ak' = 2\alpha\rho \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (d)$$

Пусть промежутокъ времени движенія частицы отъ a до k^1 будетъ t, тогда

$$ak' = 2\alpha\rho = vt.$$

Выше изъ уравненія (III) видно, что для одной секунды уголъ

$$\alpha = \omega \operatorname{Sin} \varphi$$

слѣдовательно, для t секундъ.

$$\alpha = \omega \operatorname{Sin} \varphi . t.$$

Подставляя эту величину въ выраженіе (*d*), получимъ:

$$2\alpha\rho = 2\rho\omega \operatorname{Sin} \varphi . t = vt$$

или по сокращеніи:

$$2\omega\rho \operatorname{Sin} \varphi = v.$$

Теперь въ уравненіи (*c*) поставимъ вмѣсто v сейчасъ найденное его значеніе и получимъ слѣдующее выраженіе для центробѣжной силы:

$$f = \frac{v^2}{\rho} = \frac{(2\omega \operatorname{Sin} \varphi . \rho)^2}{\rho} = \frac{(2\omega \operatorname{Sin} \varphi . \rho)(2\omega \operatorname{Sin} \varphi . \rho)}{\rho} = \frac{v \times 2\omega \operatorname{Sin} \varphi . \rho}{\rho}$$
$$v \times 2\omega \operatorname{Sin} \varphi . \rho$$

или по сокращеніи:

$$f = 2\omega v \operatorname{Sin} \varphi \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (A)$$

Отсюда видно, что уклоняющая сила, происходящая вслѣдствіе вращенія земли на оси, выражается удвоеннымъ произведеніемъ угловой скорости вращенія земли на скорость движенія частицы и на синусъ широты.

Иначе говоря, величина уклоняющей силы зависитъ отъ двухъ условій: величины скорости движенія частицы и широты мѣста.

При той же скорости движенія уклоняющая сила увеличивается съ широтою и достигаетъ наибольшей величины на полюсахъ, а на экваторѣ обращается въ нуль.

Изъ всего предшествующаго разсужденія и изъ чертежей видно, что въ сѣверномъ полушаріи уклоняющая сила дѣйствуетъ всегда пер-

перпендикулярно *вправо,* т.-е. заставляетъ двигающуюся частицу уклоняться отъ своего первоначальнаго направленія вправо. Прилагая такія же разсужденія къ южному полушарію, получимъ, что тамъ та же причина будетъ уклонять частицу перпендикулярно *влѣво* отъ ея первоначальнаго направленія движенія.

При выводѣ выраженія уклоняющей силы отъ вращенія земли на оси было взято произвольное направленіе движенія частицы отъ точки a къ точкѣ k^1 (фиг. 183), слѣдовательно, и выводъ не зависитъ отъ азимута направленія движенія частицы. По какому бы направленію она ни двигалась—по меридіану къ сѣверу или къ югу, по параллели къ востоку или западу, или по какому иному направленію, всегда перпендикулярно къ направленію движенія частицы будетъ приложена уклоняющая сила земли *).

Бо̀льшая часть морскихъ теченій имѣетъ скорости отъ 0,5 до 1,0 метра въ секунду (отъ 24 до 48 морскихъ миль въ 24 ч.); при такихъ скоростяхъ радіусъ кривизны ρ въ разныхъ широтахъ будетъ въ километрахъ:

v \ φ	0°	2°,5	5°	10°	30°	50°	60°	80°	90°
0,5	∞	78,9	39,3	19,7	6,9	4,5	4,0	3,5	3,4
1,0	∞	157,2	78,7	39,5	13,7	9,0	7.9	7,0	6,9

Выраженіе для ρ получается изъ того же уравненія (A)

$$\frac{v}{\rho} v = v\, 2\omega \operatorname{Sin}\varphi$$

$$\rho = v : 2\omega \operatorname{Sin}\varphi$$

*) При выводѣ выраженія уклоняющей силы было предположено, что движеніе происходитъ по окружности, но, по какой бы кривой это ни происходило, дугу кривой всегда можно раздѣлить на такія части, которыя будутъ совпадать съ окружностью въ теченіе достаточно малаго промежутка времени, а движеніе въ такой промежутокъ времени можетъ быть принято за равномѣрное.

Изъ этой таблицы видно, что въ малыхъ широтахъ уклоняющая сила не велика, такъ какъ радіусъ кривизны пути частицъ подъ ея вліяніемъ очень великъ; въ большихъ же широтахъ наоборотъ *).

Причины океаническихъ теченій. — Движеніе водъ въ океанахъ только-что начинаетъ изучаться, даже относительно поверхностныхъ теченій извѣстно еще очень немного, а глубинныя и придонныя и вовсе еще не изучались. Между тѣмъ несомнѣнно, что поверхностное и глубоководное движеніе воды въ океанахъ образуетъ одну сложную систему, которая даже и въ своей части, совпадающей съ океаническою поверхностью, недостаточно изслѣдована. Неудивительно потому, что это сложнѣйшее океанографическое явленіе, не менѣе сложное, нежели подобныя же движенія въ воздушномъ океанѣ, не имѣетъ еще стройной теоріи, охватывающей всѣ причины, обусловливающія движеніе водъ въ океанѣ.

Причины, могущія возбудить движеніе водъ въ океанѣ и создать наблюдаемую систему океаническихъ теченій, можно подраздѣлить на три отдѣла.

Причины космическаго характера, разность плотностей и вѣтры.

Согласно современному взгляду, *космическія причины,* вращеніе земли и приливы, не могутъ возбудить ничего подобнаго наблюдаемымъ въ поверхностныхъ слояхъ теченіямъ, и потому эти причины здѣсь и не разсматриваются **).

---

*) Первый изъ ученыхъ, кто указалъ на вліяніе вращенія земли на отклоненіе океаническихъ теченій, былъ К. Маклоренъ (1698—1746), который въ своемъ трудѣ о приливахъ отмѣтилъ причину уклоненія движущихся частицъ воды отъ первоначальнаго направленія ихъ движенія. Онъ же первый указалъ, въ видѣ предположенія, и о вліяніи той же причины на движеніе воздушныхъ частицъ въ атмосферѣ.

**) Къ таковымъ причинамъ относятся (кромѣ давно уже оставленной причины— вращенія земли) вліяніе приливообразующихъ силъ. На возможность возникновенія теченій въ открытомъ океанѣ отъ прилива указывалось многими, и между прочимъ въ 1874 г. такая гипотеза была изложена кап. I р. барономъ Н. Г. Шиллингомъ въ „Извѣстіяхъ Имп. Русск. Географ. Общ.“. Нѣтъ сомнѣнія, что приливообразующія силы, какъ это было видно въ главѣ о приливахъ, вызываютъ перемѣщенія частицъ водной массы океана; но эти движенія воды по своей величинѣ настолько незначительны, что они не могутъ быть даже и отдаленною причиною тѣхъ могучихъ теченій, какія встрѣчаются въ тропическихъ полосахъ и въ другихъ частяхъ океановъ. Можно думать, что приливообразующія силы въ состояніи дать въ открытомъ океанѣ теченіе скоростью до 3 сант. въ секунду или около 0,06 узла въ часъ (1,4 морск. м. въ 24 ч.), т.-е. всего около 1 : 20 — 1 : 30 скорости, наблюдаемой въ экваторіальныхъ теченіяхъ.

Второю группою причинъ, возбуждающихъ теченія, являются всѣ тѣ условія, которыя производятъ *разность плотностей* въ морской водѣ, а именно, неравномѣрное распредѣленіе температуры и солености.

Третья причина возникновенія поверхностныхъ (а слѣдовательно отчасти и подводныхъ) теченій есть *вѣтеръ*.

I.—Вліяніе разности плотностей.—Разность плотностей многими признавалась какъ важнѣйшая причина океаническихъ теченій, этотъ взглядъ получилъ распространеніе въ особенности послѣ океанографическихъ изслѣдованій экспедиціи *Challenger*'а.

Въ это время сперва Карпентеръ, а потомъ Монъ высказали предположеніе, что разность плотностей есть одна изъ главныхъ причинъ теченій. Въ послѣднее время скандинавскіе ученые: Нансенъ, Бьеркнесъ, Сандштрёмъ, Петтерсонъ снова возобновили интересъ къ явленію разности плотностей, какъ причинѣ теченій.

Различіе плотностей въ морской водѣ есть результатъ одновременнаго дѣйствія многихъ причинъ, всегда существующихъ въ природѣ и потому непрерывно измѣняющихъ плотности частицъ морской воды въ разныхъ мѣстахъ.

Каждое измѣненіе температуры воды сопровождается и измѣненіемъ ея плотности, при чемъ, чѣмъ температура ниже, тѣмъ плотность больше.

Измѣненіе солености также влечетъ за собою перемѣну плотности, но, какъ это было показано въ главѣ V (стр. 98), перемѣны температуры болѣе значительно вліяютъ на измѣненіе плотности.

Испареніе и замерзаніе тоже увеличиваютъ плотность, тогда какъ выпаденіе осадковъ уменьшаетъ ее.

Такъ какъ соленость на поверхности зависитъ (см. стр. 87) отъ испаренія, выпаденія осадковъ и таянія льдовъ, явленій, происходящихъ непрерывно, то и соленость на поверхности постоянно измѣняется, а вмѣстѣ съ нею и плотность.

Карта (фиг. 142, стр. 100) распредѣленія плотности въ среднемъ за годъ показываетъ, что этотъ элементъ неравномѣрно распредѣленъ по поверхности океана, а разрѣзъ Атлантическаго ок. по меридіану (фиг. 45, стр. 105) подтверждаетъ, что въ океанахъ и на глубинахъ плотности распредѣлены неравномѣрно. Линіи равныхъ плотностей (изопикны) опускаются къ тропическому поясу въ глубины океана, а съ удаленіемъ отъ экватора онѣ выходятъ на поверхность.

Все это указываетъ, что, если бы никакихъ иныхъ причинъ, возбуждающихъ теченія въ океанѣ, не существовало бы, а было бы только неравномѣрное распредѣленіе плотностей, то воды океана непремѣнно пришли бы въ движеніе; однако возникшая такимъ путемъ система теченій и по характеру и по скоростямъ была бы совершенно иная, нежели сейчасъ наблюдаемая, потому что другія не менѣе важныя причины, также возбуждающія теченія,—отсутствовали бы.

Напримѣръ, въ пассатныхъ полосахъ испаряется слой воды въ нѣсколько метровъ толщины (см. фиг. 40, стр. 89), и около 2 м. этой испарившейся воды выпадаетъ въ штилевой экваторіальной полосѣ. Отсюда распрѣсненная вода (при существующей системѣ теченій) уносится къ востоку экваторіальнымъ противотеченіемъ. Остальная же масса водяныхъ паровъ антипассатомъ переносится въ умѣренные пояса, гдѣ и выпадаетъ. Такимъ образомъ происходитъ постоянная убыль воды въ тропикахъ, которая должна возмѣщаться притокомъ изъ умѣренныхъ широтъ. Однако одна эта причина не въ состояніи создать наблюдаемую въ океанахъ систему теченій.

Точно также льды въ приполярныхъ и полярныхъ широтахъ частью распрѣсняютъ воду, дѣлаютъ легче, частью же охлаждаютъ ее, увеличиваютъ ея плотность и заставляютъ опускаться внизъ, обусловливая такимъ путемъ охлажденіе глубокихъ слоевъ океана (см. стр. 163—166), а слѣдовательно даютъ толчокъ къ движенію и поверхностныхъ водъ отъ умѣренныхъ широтъ къ полярнымъ. Однако одна эта причина не можетъ создать всей существующей сложной системы теченій *).

Такимъ образомъ несомнѣнно, что разность плотностей, постоянно поддерживаемая многими причинами во всей массѣ водъ Мірового океана, должна содѣйствовать образованію движенія водъ какъ на поверхности, такъ и на глубинахъ.

Въ послѣднее время норвежскій ученый В. Бьеркнесъ изложилъ свои взгляды на причины, могущія возбудить движеніе въ какой-либо средѣ, безразлично жидкости или газѣ. Причины эти заключаются единственно въ неоднородности самой среды, что въ природѣ всегда и наблюдается. Идеи Бьеркнеса потому именно и замѣчательны, что онъ разбираетъ движеніе въ случаяхъ, взятыхъ изъ природы, а не какую-либо идеальную среду, совершенно однородную, какъ это обычно дѣлается.

*) Какъ по мнѣнію О. Петтерсона, автора такого предположенія, это должно было бы быть.

Такъ какъ Бьеркнесъ беретъ среду не однородную, то основаніемъ его разсужденій должно быть обстоятельное изученіе распредѣленія плотностей въ разсматриваемой средѣ. Знаніе распредѣленія плотностей даетъ представленіе о внутреннемъ строеніи среды, а послѣднее позволяетъ судить и о характерѣ возникающихъ въ ней движеній частицъ.

Сущность идеи Бьеркнеса вычисленія скоростей теченій на основаніи распредѣленія плотностей.—Предположимъ, что въ какой-либо массѣ водъ температура и соленость распредѣлены совершенно равномѣрно, тогда и плотность вездѣ будетъ одинакова, и слѣдовательно избранная масса воды будетъ однородна. Въ такихъ условіяхъ на одинаковыхъ глубинахъ давленія будутъ одни и тѣ же, и будутъ зависѣть только отъ числа слоевъ, находящихся надъ каждымъ слоемъ (въ первомъ приближеніи съ каждыми 10 м. глубины давленіе увеличивается на одну атмосферу).

Если въ такой однородной средѣ провести поверхности равнаго давленія или, какъ ихъ иначе называютъ,—*изобарическія* *), то онѣ совпадутъ съ уровенными поверхностями. Если теперь сдѣлать вертикальное сѣченіе этой массы воды, то на немъ изобарическія поверхности изобразятся системою параллельныхъ и горизонтальныхъ линій.

Въ случаѣ же, если въ избранной массѣ воды температура и соленость распредѣлены неравномѣрно, то и зависящая отъ этихъ условій плотность воды на одинаковыхъ глубинахъ будетъ различная.

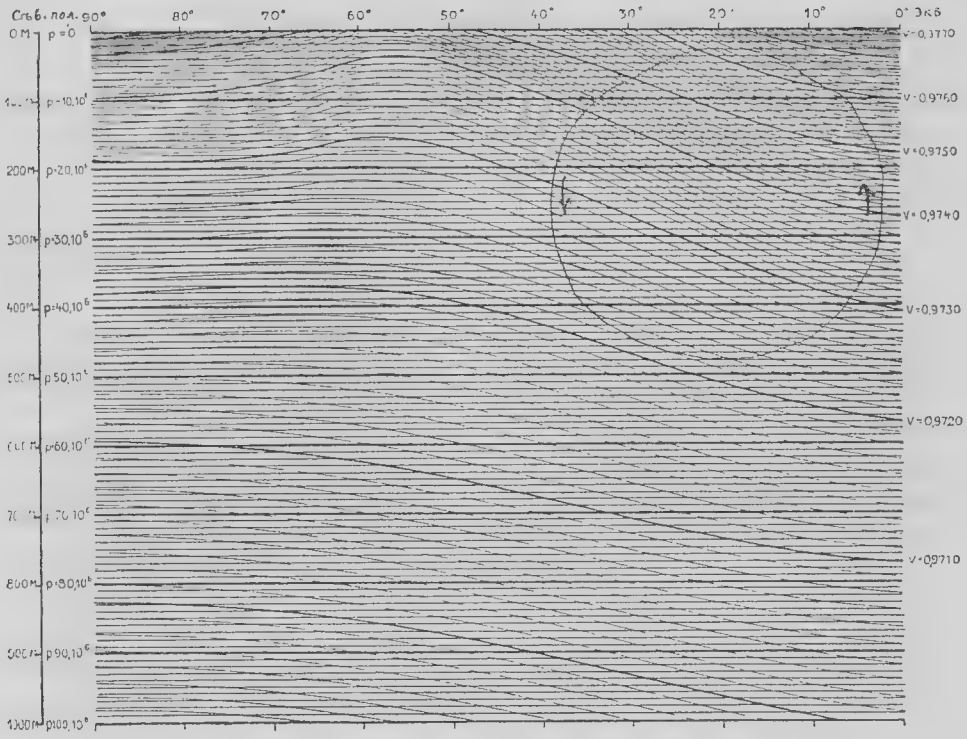
Бьеркнесъ вмѣсто плотности пользуется обратными величинами — удѣльными объемами и черезъ мѣста въ жидкости, гдѣ послѣдніе одинаковы, проводитъ поверхности, которыя на взятомъ вертикальномъ сѣченіи изобразятся кривыми, названными имъ *изостерами*.

Такимъ образомъ на вертикальномъ разрѣзѣ получится двѣ системы линій, одѣ будутъ прямыя, параллельныя горизонту—изобары, а другія—изостеры будутъ ихъ пересѣкать подъ разными углами. Чѣмъ равновѣсіе въ жидкости будетъ болѣе нарушено, т.-е., чѣмъ она будетъ далѣе отъ однородности, тѣмъ и плотности, а слѣдовательно и удѣльные объемы, будутъ болѣе различны на одинаковыхъ глубинахъ. Потому тамъ, гдѣ жидкость однороднѣе, и изостеры будутъ близки къ изобарамъ; гдѣ же на близкихъ разстояніяхъ по горизонтальной поверхности изобаръ встрѣчаются значительныя разности въ однородности строенія жидкости, тамъ изостеры будутъ круто подниматься или опускаться.

Напримѣръ, на прилагаемомъ чертежѣ, дающемъ меридіанальный разрѣзъ въ Атлантическомъ ок. (фиг. 184), проведены до глубины въ 1.000 м. черезъ 100 м. изобарическія поверхности (онѣ соотвѣтствуютъ увеличеніямъ давленія p черезъ десять единицъ, выраженнымъ въ c. g. s.). Наклонно къ нимъ проведены изостеры, тоже черезъ десять единицъ (удѣльные объемы обозначены на чертежѣ черезъ v).

---

*) Въ системѣ единицъ С. Г. С. (сант.-граммъ-секунда) выражаютъ давленіе въ динахъ на квадратный сантиметръ. Однако такая единица давленія неудобна по малости своей величины, почему ее замѣнили мегадиномъ (милліонъ динъ) на квадратный сантиметръ. Бьеркнесъ предложилъ назвать эту величину давленія *баръ*, отъ греческаго слова, обозначающаго вѣсъ. Отсюда одна сотая доля бара будетъ сантибаръ, а одна тысячная—миллибаръ. 1.000 миллибаръ равны давленію ртутнаго столба въ 750,1 миллиметра. Выражая давленіе въ *барахъ*, проводятъ черезъ мѣста съ одинаковыми давленіями изолиніи которыя будутъ называться *изобарами*.



Фиг. 184. Меридіанальный разрѣзъ сѣв. Атлантич. ок. Изобары и изостеры.

На чертежѣ видно, что въ широтахъ 50°—60° с. слой воды въ океанѣ до 1.000 м. чительно однороднѣе, нежели къ сѣверу отъ нихъ и въ особенности къ югу въ экваторіальной области, гдѣ число изостеръ въ томъ же слоѣ гораздо больше. То же самое хорошо видно и на чертежѣ фиг. 45 (стр. 105), гдѣ дано меридіанальное сѣченіе Атлантическаго ок. съ указаніемъ распредѣленія плотностей.

Какъ видно на чертежѣ (фиг. 185), пересѣченія изобаръ и изостеръ даютъ рядъ параллелограмовъ, и чѣмъ изостеры идутъ болѣе наклонно, тѣмъ и число параллелограмовъ больше *). Очевидно, что, чѣмъ удѣльные объемы воды больше, т.-е. чѣмъ вода обладаетъ меньшею плотностью, тѣмъ она болѣе и болѣе стремится подниматься. На чертежѣ видно, что въ экваторіальной полосѣ въ слоѣ той же толщины разница въ удѣльныхъ объемахъ больше, и слѣдовательно число параллелограмовъ тоже больше, чѣмъ въ слоѣ той же толщины въ широтахъ 50°—60°. Отсюда видно, что число параллелограмовъ въ какомъ-либо слоѣ опредѣляетъ силу стремленія частицъ воды подниматься или опускаться, и, подсчитавъ ихъ число, возможно будетъ опредѣлять величины скоростей движеній частицъ въ океанахъ. Каждый параллелограмъ на чертежѣ (фиг. 184) есть послѣдствіе пересѣченія

*) На чертежѣ фиг. 45, стр. 105, линіи равныхъ плотностей—изопикны—даютъ такую же сѣтку параллелограмовъ съ линіями изобаръ, которыя тамъ проведены черезъ 100 м., т.-е. въ 10 разъ рѣже, чѣмъ на фиг. 184, почему тамъ и параллелограмовъ образовалось гораздо меньше.

двухъ изобаръ и двухъ изостеръ меридіанальною плоскостью; слѣдовательно въ пространствѣ (т.-е. въ океанѣ въ данномъ случаѣ) пересѣченія изобарическихъ и изостерическихъ поверхностей будутъ давать множество четырехгранныхъ трубокъ, которыя Бьеркнесъ предложилъ называть, по аналогіи съ электричествомъ, *соленоидами*.

Если мы на чертежѣ (фиг. 184) проведемъ гдѣ-либо произвольную замкнутую кривую, то, подсчитавъ число соленоидовъ (параллелограмовъ), заключенныхъ въ ея площади, опредѣлимъ и силу, стремящуюся вывести частицы воды вдоль избранной кривой изъ состоянія покоя. На кривой, проведенной на чертежѣ въ правой ея части (экваторіальной), число соленоидовъ больше, чѣмъ въ лѣвой, потому и движеніе частицъ стремится пойти по направленію стрѣлокъ.

Внутреннее треніе въ жидкости будетъ препятствовать образованію движенія воды, и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше ускоренія силъ, заставляющія частицы двигаться, пока наконецъ не наступитъ моментъ, когда треніе и возбуждающія движенія силы не уравновѣсятся, тогда вся масса воды придетъ въ установившееся состояніе. Если причины, нарушающія однородность среды, будутъ продолжать такъ же равномѣрно дѣйствовать, то вся система движеній частицъ воды придетъ въ установившееся состояніе, и круговоротъ воды будетъ поддерживаться въ неизмѣнномъ видѣ.

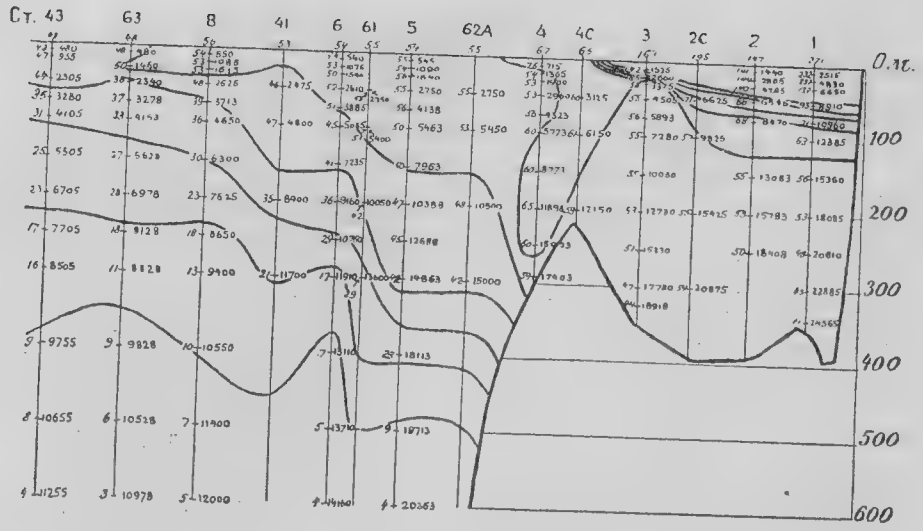
Для того, чтобы опредѣлить величину ускоренія движенія по какому-либо обводу, Бьеркнесъ далъ нижеслѣдующее выраженіе:

$$\frac{dC}{dt} = -\int v\,dp - 2\omega\frac{dS}{dt} - R$$

гдѣ C—есть скорость движенія, v есть удѣльный объемъ, p—давленіе, ω—угловая скорость вращенія земли, S—площадь проекціи кривой на экваторъ, и слѣдовательно отношеніе $dS : dt$ есть измѣненіе этой площади по времени, а R есть внутреннее треніе. Такимъ образомъ здѣсь, оказывается, принято во вниманіе и вліяніе уклоняющей силы отъ вращенія земли и внутреннее треніе. Для вычисленія величины интеграла, входящаго въ выраженіе, составлены вспомогательныя таблицы, которыя позволяютъ переходить отъ наблюденныхъ плотностей къ удѣльнымъ объемамъ и принимать во вниманіе вліяніе сжатія воды на удѣльный объемъ на глубинахъ.

Величина R внутренняго тренія остается неизвѣстною, и потому вычисленія ускореній движеній по какому-либо обводу даютъ только относительныя величины, но и эти величины оказываютъ пользу, давая понятіе о томъ, гдѣ скорости теченій должны быть относительно больше и гдѣ меньше. А также подобнымъ же путемъ можно получить понятіе и о направленіяхъ движеній; все это при помощи построенія динамическихъ картъ для разныхъ глубинъ на основаніи заранѣе вычисленныхъ динамическихъ разрѣзовъ, т.-е. такихъ разрѣзовъ, гдѣ проведены изостеры и изобары, и проставлены величины вышеупомянутыхъ интеграловъ.

Чтобы пояснить вышесказанное, здѣсь приведенъ динамическій разрѣзъ Нансена (фиг. 185), идущій перпендикулярно берегу Норвегіи отъ Согне-фіорда къ Исландіи. На немъ изобары не проведены, чтобы не затемнять чертежа, къ тому же вдоль нихъ проставлены числа, выражающія удѣльные объемы (налѣво отъ вертикальныхъ линій, обозначающихъ мѣста станцій) и числовыя величины интеграла (направо), т.-е. число соленоидовъ, заключающихся между поверхностью и данною глубиною (изобарою). Тамъ, гдѣ послѣднія числа быстрѣе увеличиваются съ глубиною, и проведенныя на чертежѣ изостеры круче наклонены къ горизонту. Вверху направо изостеры не проведены, потому что онѣ тамъ шли бы одна рядомъ съ другою.



Фиг. 185. Динамическій разрѣзъ Сѣв. Европейскаго м. отъ Согне-фіорда къ Исландіи.

Составивъ нѣсколько такихъ динамическихъ разрѣзовъ, съ нихъ можно снять (или вычислить) для каждой станціи то число соленоидовъ, какое приходится на той же самой изобарѣ (или глубинѣ), и нанести эти числа на карту у каждой станціи. Проведя согласныя кривыя черезъ мѣста съ одинаковымъ числомъ соленоидовъ, получимъ динамическую карту для избранной толщины слоя (считая отъ поверхности), на которой, чѣмъ ближе расположены изолиніи, тѣмъ, очевидно, число соленоидовъ отъ станціи къ станціи больше; это именно тамъ и случается, гдѣ на разрѣзѣ (фиг. 185) изостеры идутъ круче. Здѣсь дана динамическая карта (фиг. 186) для слоя отъ поверхности до глубины въ 100 метровъ. Какъ на ней видно, вдоль берега Норвегіи изолиніи скучены, потому что тутъ и Норвежское Атлантическое теченіе (см. далѣе описаніе этого теченія) обладаетъ наибольшими скоростями. Съ удаленіемъ же отъ береговъ къ западу, скорости этого теченія становятся меньше и меньше, и изолиніи расположены все рѣже и рѣже (см. описаніе теченія, стр. 508). На картѣ (фиг. 186) есть кривая стрѣлка, которая отмѣчаетъ крутой изгибъ изолиній, очевидно, обусловленный образующимся здѣсь водоворотомъ. Если сравнить это мѣсто съ соотвѣтственнымъ на картѣ (фиг. 209), то увидимъ, что и тамъ, на основаніи распредѣленія соленостей на той же глубинѣ 100 м., также замѣчается круговоротъ, ясно обозначающійся изгибомъ изогалинъ (на пересѣченіи параллели южнаго берега Исландіи и меридіана Оркнейскихъ о-въ).

Изъ этого примѣра видно, что динамическія карты способствуютъ пониманію движеній воды, хотя и не даютъ еще пока возможности опредѣлить непосредственно ихъ скорости. Конечно, всѣ сдѣланные выводы предполагаютъ, что всѣ движенія въ избранномъ объемѣ воды находятся въ установившемся состояніи. Новѣйшія наблюденія однако указываютъ, что въ океанѣ постоянно существуютъ разныя возмущающія причины, какъ, напримѣръ, внутреннія волны большихъ періодовъ, вихревыя движенія, особая кратковременная пульсація скоростей теченія. Все это заставляетъ думать, что врядъ ли существуетъ въ массахъ водъ океана вполнѣ установившееся движеніе.

Съ другой стороны, эти же причины приводятъ къ выводу, что наблюденія, сдѣланныя вдоль какого-либо разрѣза, хотя и въ короткое время, но все-таки не одновременно, отно-

Фиг. 186. Динамическая карта части Сѣв. Европейскаго моря.

сятся къ различнымъ внутреннимъ состояніямъ водной массы и потому даютъ неточныя данныя для вычисленій. Такимъ образомъ пріемъ Бьеркнеса пока даетъ только качественныя представленія о теченіяхъ, а невозможность принять во вниманіе внутреннее треніе, конечно, всегда даетъ слишкомъ малыя среднія величины скоростей, вычисленныя этимъ путемъ.

II.—Вліяніе вѣтра. — Связь между вѣтромъ и поверхностными теченіями настолько проста и легко замѣтна, что среди моряковъ вѣтеръ давно признавался важною причиною теченій.

Первый, кто указалъ въ наукѣ на вѣтеръ, какъ на главную причину теченій, былъ В. Франклинъ въ своихъ разсужденіяхъ о причинахъ, вызывающихъ Гольфстримъ (1770 г.). Затѣмъ А. Гумбольдтъ (1816 г.), излагая свой взглядъ на причины теченій, указалъ на вѣтеръ, какъ на первую причину ихъ. Первостепенное значеніе вѣтра, какъ причины теченій, такимъ образомъ давно признавалось многими, но оно получило сильную поддержку послѣ математической обработки вопроса, произведенной Цёпприцемъ (1878 г.).

Теорія Цёпприца.—Цёпприцъ разобралъ вопросъ о постепенной передачѣ движенія отъ поверхностнаго слоя воды, приведеннаго въ движеніе вѣтромъ, къ слѣдующему, отъ послѣдняго къ лежащему подъ нимъ

и т. д. Цёпприцъ показалъ, что, въ случаѣ безконечно долгаго времени дѣйствія движущей силы (вѣтра), движеніе будетъ передаваться въ глубину такимъ образомъ, что скорости въ слояхъ будутъ убывать пропорціонально глубинамъ независимо отъ величины внутренняго трепія. Если же силы дѣйствуютъ ограниченное время, и вся система движущихся частицъ не пришла въ стаціонарное состояніе, то скорости на разныхъ глубинахъ будутъ зависѣть отъ величины тренія. Цёпприцъ заимствовалъ для своей гипотезы коэффиціентъ тренія изъ опытовъ надъ истеченіемъ жидкостей, въ томъ числѣ и морской воды, и, вставивъ его въ свои формулы, получилъ выводъ слѣдующаго рода.

Если поверхностный слой идетъ со скоростью v, то на глубину въ 10 метровъ эта скорость передастся черезъ 0,41 года, на 100 м. черезъ 41 г., на 500 м. черезъ 2.050 л., а на глубину около 4.000 м. черезъ 10.000 лѣтъ передается приблизительно $0.037 \times v$, т.-е. 3,7%.

Такимъ образомъ по Цёпприцу должны были бы существовать въ океанѣ на значительныхъ глубинахъ теченія замѣтныхъ скоростей.

Этой теоріи было сдѣлано возраженіе *), указывающее, что количество движенія, существующее въ пассатныхъ вѣтрахъ, во много меньше соотвѣтствующей величины въ экваторіальномъ теченіи. Однако тутъ надо принять во вниманіе продолжительность и непрерывность дѣйствія пассатовъ; очевидно, что вѣтру въ этомъ случаѣ, послѣ достиженія теченіемъ установившагося состоянія, нужно только восполнять потерю движенія отъ внутренняго трепія, и потому вѣтеръ въ совокупности за большой промежутокъ времени можетъ сообщить водѣ то количество движенія, какое въ ней наблюдается, и произвести существующее теченіе.

Другое болѣе важное возраженіе указываетъ, что принятая въ теоріи величина тренія совершенно не соотвѣтствуетъ дѣйствительной, потому что при движеніи одного слоя воды по другому непремѣнно должны образовываться водоворотики, которые поглощаютъ громадное количество энергіи. Слѣдовательно, вычисленіе величины и характера распространенія скорости съ глубиною построено невѣрно.

Наконецъ самый важный недостатокъ теоріи Цёпприца былъ замѣченъ недавно Нансеномъ, а именно, въ ней совершенно упущено вліяніе отклоненія, происходящаго отъ вращенія земли на оси.

Теорія Цёпприца (господствовавшая около 30 лѣтъ) обратила вни-

*) В. Феррелемъ, американскимъ геофизикомъ.

маніе на важныя особенности вѣтровой (дрейфовой) гипотезы теченій, и ея главная заслуга въ томъ, что она впервые выразила вліяніе вѣтра численно, и, какъ всегда въ такихъ случаяхъ бываетъ, недостатки гипотезы послужили источникомъ для дальнѣйшаго изученія, результатомъ чего появилась новая, болѣе совершенная вѣтровая теорія, принадлежащая шведскому ученому В. Экману *), въ которой принята во вниманіе уклоняющая сила отъ вращенія земли на оси.

Теорія Экмана.—Если предположить океанъ безбрежнымъ и безконечной глубины, а вѣтеръ надъ нимъ дѣйствующимъ непрерывно, настолько долгое время, что въ водѣ, приведенной имъ въ движеніе, установилось стаціонарное состояніе, то при этихъ условіяхъ получаются слѣдующіе выводы.

Прежде всего необходимо указать, что поверхностный слой воды приводится въ движеніе вѣтромъ вслѣдствіе двухъ причинъ: во-первыхъ—*треніемъ*, а во-вторыхъ—*давленіемъ* на навѣтренныя стороны волнъ; потому что вслѣдствіе вѣтра возникаетъ не только теченіе, но и волненіе (сравни стр. 251—253 и 258). Обѣ эти причины могутъ быть въ совокупности названы *тангенціальнымъ треніемъ*.

Согласно вѣтровой (дрейфовой) теоріи Экмана, движеніе отъ поверхностнаго слоя передается внизъ отъ слоя къ слою, *убывая въ геометрической прогрессіи*. При этомъ направленіе поверхностнаго теченія *уклоняется отъ направленія производящаго его вѣтра на 45°* для всѣхъ широтъ одинаково **).

Вліяніе уклоняющей силы отъ вращенія земли на оси сказывается не только въ уклоненіи теченія на поверхности отъ вѣтра на 45°, но и въ дальнѣйшемъ *непрерывномъ поворотѣ направленія теченія* при не-

*) Собственно Ф. Нансенъ, обрабатывая свои наблюденія надъ теченіями въ Полярномъ м. на *Фрамѣ* въ 1893—96 г., встрѣтился съ этимъ вопросомъ и обратилъ на него вниманіе В. Экмана, который уже и разработалъ его теоретически.

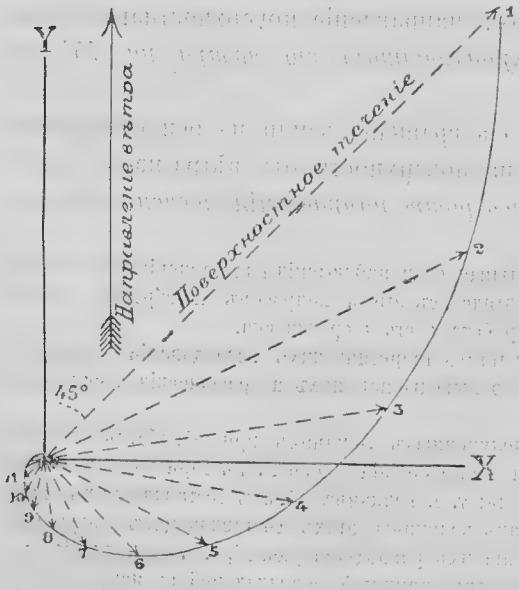
**) Изложенное правило есть результатъ теоретическихъ изслѣдованій Экмана, которыя здѣсь не приводятся, а даны только выводы изъ нихъ и графическія изображенія выводовъ.

Изъ аналитическихъ выраженій, полученныхъ Экманомъ при обработкѣ этого вопроса, видно, что въ выраженія, дающія составляющія скорости въ горизонтѣ по осямъ y—овъ и x—овъ, не входитъ широта мѣста; т.-е. величина обѣихъ составляющихъ скоростей отъ широты не зависитъ, а такъ какъ величины этихъ составляющихъ получаются одинаковыя, то, очевидно, уголъ отклоненія ихъ равнодѣйствующей, т.-е. направленіе океаническаго теченія, составляетъ съ осью y—овъ (принятой совпадающей съ направленіемъ вѣтра) уголъ, равный 45°, одинаковый для всѣхъ широтъ (см. чертежъ, фиг. 187, стр. 466).

редачѣ движенія въ глубину отъ слоя къ слою. Такимъ образомъ съ передачею теченія отъ поверхности въ глубину не только быстро (въ геометр. прогр.) убываетъ скорость, но и направленіе теченія постоянно поворачиваетъ въ сѣверномъ полушаріи вправо, а въ южномъ—влѣво.

Если изобразить на чертежѣ рядъ направленій теченія на близкихъ и постепенно увеличивающихся глубинахъ стрѣлками, длины коихъ пропорціональны скоростямъ теченій на этихъ глубинахъ, то получится винтовая лѣстница все болѣе и болѣе укорачивающихся стрѣлокъ. Проведя черезъ концы стрѣлокъ обертывающую кривую, получаемъ въ проекціи на плоскость XY логарифмическую спираль, какъ это видно на чертежѣ (фиг. 187), гдѣ X и Y есть оси координатъ, а ось Z предполагается перпендикулярною къ плоскости чертежа. На чертежѣ видно, что при быстромъ убываніи скорости съ глубиною, уже при поворотѣ направленія теченія на 180° (точка 11-я на черт.) эта скорость составляетъ всего 1 : 23 скорости поверхностнаго теченія (4,3%). Когда же съ увеличеніемъ глубины направленіе теченія повернется на 360°, то его скорость будетъ составлять только 1 : 535 скорости теченія на поверхности, т.-е. практически на такой глубинѣ теченіе прекращается.

Глубину, на которой теченіе поворачивается на 180° и гдѣ оно имѣетъ уже очень малую скорость (1 : 23), называютъ «глубиною дрейфоваго теченія» или короче — *глубиною трепія* и обозначаютъ буквою D.



Фиг. 187. Отклоненіе дрейфоваго теченія съ глубиною.

Глубина, на которую проникаетъ дрейфовое теченіе, не велика и находится въ зависимости отъ *широты* и отъ величины *внутренняго трепія* въ водѣ. (Послѣднее имѣетъ совершенно иное значеніе, нежели молекулярное треніе, принимавшееся Цёпприцемъ, $\mu = 0{,}114$ c. g. s.).

Вліяніе широты на *глубину трепія* D таково, что она сперва медленно, а затѣмъ

быстрѣе увеличивается съ уменьшеніемъ широты и на экваторѣ должна становиться безконечно большою. Если предположить, напримѣръ, что *глубина трепія* D на полюсахъ равна 100 единицамъ, то на 60° ш. она будетъ 108, на 30°—141, на 10°—240. Величина D на экваторѣ становится безконечно большою. Это указываетъ, что въ узкой полосѣ океановъ по обѣ стороны экватора нельзя считать теченіе установившимся и достигшимъ стаціонарнаго состоянія, какъ это было предположено вначалѣ и что составляетъ основаніе всей теоріи. Въ этой полосѣ океана происходитъ быстрое нарастаніе величины D и переходъ ея черезъ значеніе безконечности, какъ это видно изъ смысла выраженія для величины D, а именно:

$$D = \pi \sqrt{\frac{\mu}{q \cdot \omega \cdot \sin \varphi}}$$

гдѣ μ есть коэффиціентъ трепія, q — плотность воды, ω — угловая скорость вращенія земли.

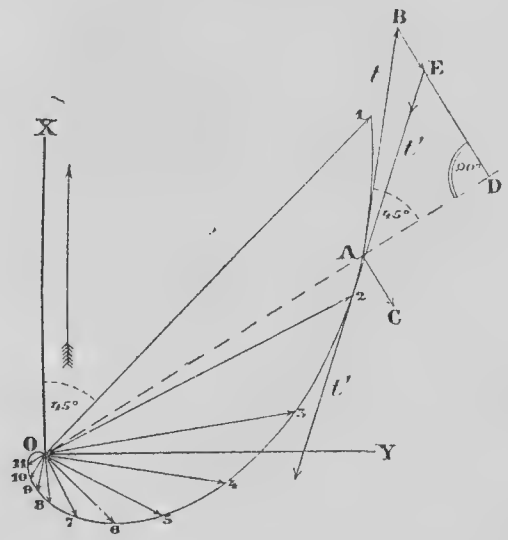
Дѣйствительно, въ изслѣдованіи Экмана о вліяніи уклоняющей силы, происходящей отъ вращенія земли на оси (сила Коріолиса), на океаническія теченія было сдѣлано предположеніе, что океанъ безконечно глубокъ сравнительно съ толщиною слоя теченія, возбужденнаго трепіемъ вѣтра. Между тѣмъ, разсматривая вышенаписанное выраженіе для D, полученное, между прочимъ, при предположеніи о безконечности глубины океана, видно, что D находится въ зависимости отъ величинъ: μ, q, ω и $\sin \varphi$. Изъ нихъ q — плотность воды всегда близка къ единицѣ и въ разныхъ широтахъ и глубинахъ измѣняется въ небольшихъ предѣлахъ (1,0220—1,0280), ω — угловая скорость вращенія земли есть величина постоянная и малая = 0,0000729, величина μ зависитъ только отъ распредѣленія плотностей въ послѣдовательныхъ слояхъ и скорости ихъ движенія; одна только величина $\sin \varphi$ связана съ широтою, и когда послѣдняя мала, то и синусъ очень малъ (напр., при $\varphi = 3°$, синусъ = 0,052336), тогда и все выраженіе для *глубины трепія* D приближается къ безконечности и на экваторѣ становится ею. Иначе говоря, земной океанъ въ малыхъ широтахъ и на экваторѣ оказывается недостаточно глубокимъ сравнительно съ *глубиною трепія* D, т.-е. мощностью возбужденнаго вѣтромъ теченія, и слѣдовательно послѣднее не успѣетъ достигнуть стаціонарнаго состоянія, такъ какъ, согласно основному предположенію, такое состояніе достигается только при условіи безконечно большой глубины океана сравнительно съ *глубиною трепія* D; здѣсь же, при большомъ значеніи для D, потребуется продолжительное время для достиженія теченіемъ стаціонарнаго состоянія, и ранѣе, нежели это случится, частицы воды будутъ уже унесены теченіемъ въ другія области океана, гдѣ дуютъ вѣтры иныхъ направленій (т.-е. нарушается постоянство причины, возбудившей теченіе), и гдѣ вообще господствуютъ иныя условія.

Опыты показали, что величина коэффиціента внутренняго трепія μ въ однородной водѣ больше, нежели въ водѣ, гдѣ плотность быстро измѣняется отъ слоя къ слою. Съ другой стороны океанографическія изслѣдованія показали (см. фиг. 45, стр. 105), что въ тропикахъ и особенно около экватора съ глубиною плотность измѣняется очень быстро, т.-е. въ тропикахъ вода отличается сильною слоистостью. Слѣдовательно и величина μ въ тро-

никахъ должна быть меньше, нежели въ умѣренныхъ и полярныхъ широтахъ, а потому, какъ показываетъ аналитическое выраженіе для D, его величина, вообще возрастающая къ экватору, вслѣдствіе одновременнаго уменьшенія μ, будетъ увеличиваться медленнѣе, чѣмъ бы ей слѣдовало. На это, повидимому, указываютъ и нѣкоторыя наблюденія глубины дрейфовыхъ теченій въ тропической полосѣ, гдѣ она оказывалась не особенно большою (напр., Крюммель наблюдалъ въ 8° с. ш. въ Атл. ок. глубину D въ Сѣв. экв. теченіи всего около 150 м.; С. О. Макаровъ наблюдалъ въ Тихомъ ок. глубину D въ южн. экват. теченіи около 200 м.).

Вообще теперь необходимо сдѣлать обстоятельныя наблюденія въ океанѣ для повѣрки созданныхъ гипотезъ, только послѣ подобныхъ работъ возможно будетъ дальнѣйшее движеніе впередъ теоретическихъ предположеній о теченіяхъ. Безъ такихъ наблюденій накопленіе теоретическихъ разсужденій будетъ безплодно.

Выводъ приведенныхъ выше положеній теоріи Экмана получается изъ дифференціальныхъ уравненій гидродинамики, но можно и элементарнымъ путемъ до нѣкоторой степени показать, что отклоненіе направленія поверхностнаго теченія отъ направленія вѣтра опредѣляется угломъ въ 45°.



Фиг. 188. Отклоненіе теченія на 45°.

Пусть на чертежѣ (фиг. 188) даны: оси координатъ X и Y, стрѣлка, указывающая направленіе вѣтра, и стрѣлки, соотвѣтствующія направленіямъ поверхностнаго теченія и теченій на глубинахъ послѣдовательно сверху внизъ въ слояхъ: 1, 2, 3 . . . . . 11, черезъ одинаковыя разстоянія.

Возьмемъ какую-нибудь глубину A, безконечно близкую къ глубинѣ 2 и лежащую надъ нею; тогда слой воды между ними можно принимать за элементарный слой. Скорость теченія на глубинѣ A выражается стрѣлкою OA, а на глубинѣ 2 — стрѣлкою O2. Положимъ, что кривая 1, A, 2, 3 . . . . . 11 проведена черезъ концы всѣхъ стрѣлокъ, обозначающихъ скорости на этихъ глубинахъ. Линія AD есть продолженіе стрѣлки OA. Направленіе уклоняющей силы земли всегда перпендикулярно къ направленію движенія, какъ въ точкѣ A оно и показано линіей AC.

Если бы уклоняющая сила земли отсутствовала, то вода двигалась бы въ направленіи силы тренія, и движеніе, постепенно замедляясь, передавалось бы сверху внизъ, причемъ стрѣлки скоростей всѣхъ слоевъ: A, 2, 3, 4, 5 . . . . . 11 и обертывающая ихъ спираль лежали бы всѣ въ одной и той же вертикальной плоскости, а проекція спирали на плоскости XY была бы прямая линія, на которой въ свою очередь проектировались бы и направленія силъ тренія между всѣми слоями. Вслѣдствіе же существованія уклоняющей силы земли каждый нижележащій элементарный слой воды уклоняется вправо (для сѣв. пол.), и обертывающая концы стрѣлокъ спираль дѣлается линіей двоякой кривизны. При

такомъ условіи силы тренія одного слоя о другой будутъ направлены по касательнымъ къ кривой, обертывающей концы стрѣлокъ, и слѣдовательно сила тренія, передающая сверху движеніе слою AO2, есть касательная t въ точкѣ A, а треніе, испытываемое нижнею поверхностью того же слоя, будетъ касательная t^1 въ точкѣ 2, направленная въ противоположную сторону. Толщина элементарнаго слоя AO2 такъ мала, что часть дуги проекціи спирали A2 можно принять за прямую. Проведемъ изъ точки A прямую AE параллельно касательной t^1 и на ней отложимъ t^1 — величину силы тренія въ точкѣ 2 (она будетъ меньше величины тренія t въ точкѣ A).

Выше было указано, что всѣ слои воды находятся въ установившемся состояніи, т.-е. двигаются равномѣрно. Чтобы это было возможно, необходимо, чтобы кромѣ силъ тренія t и t^1 дѣйствовала бы еще одна сила, которая, слагаясь съ силою AE, давала бы равнодѣйствующую, равную AB; это и есть уклоняющая сила земли AC, равная и параллельная BE. Отсюда вытекаетъ, что, если продолжить линію BE, то она пересѣчетъ OD подъ прямымъ угломъ, потому что уклоняющая сила земли AC всегда расположена перпендикулярно къ направленію движенія частицы.

Такъ какъ скорости послѣдовательныхъ слоевъ убываютъ въ геометрической прогрессіи, то $0-1:0-2=0-2:0-3=0-3:\ldots\ldots\ldots 0-10:0-11\ldots\ldots$ Если эти слои можно принять за элементарные, то тогда касательныя къ спирали въ концѣ каждаго радіуса вектора (0 — 2, 0 — 5 . . .) будутъ составлять съ ними одинаковые углы, а дуги спирали между ними будутъ подобны другъ другу. Отсюда слѣдуетъ, что уголъ между двумя послѣдовательными касательными равенъ углу между соотвѣтствующими радіусами векторами, т.-е. уголъ:

$$\angle AO2 = \angle BAE$$

Такъ какъ элементарныя стрѣлки спирали 1, 2, 3 . . . . . 10 пропорціональны силамъ тренія t и t^1, а съ другой стороны онѣ же пропорціональны радіусамъ векторамъ спирали OA, O2, ... (свойство логариѳмической спирали), то слѣдовательно

$$0-2:O-A=t^1:t$$

Принимая дугу спирали A — 2 за прямую, имѣемъ:

$$\triangle OA2 \sim \triangle ABE$$

отсюда $\angle OA2 = \angle ABE$

съ другой стороны углы OA2 и BAD равны какъ вертикальные; тогда имѣемъ

$$\angle OA2 = \angle ABD = \angle BAD$$

т.-е. этимъ доказывается, что прямоугольный треугольникъ ABD есть равнобедренный, и слѣдовательно уголъ

$$BAD = 45^\circ$$

Для вывода этого результата былъ взятъ произвольный элементарный слой воды, слѣдовательно выводъ справедливъ для всякаго такого слоя, а потому справедливъ и для точки 1 спирали; но въ этой точкѣ, лежащей на поверхности, сила тренія t есть треніе, производимое вѣтромъ.

Отсюда и слѣдуетъ, что *дрейфовое теченіе на поверхности уклоняется отъ вѣтра на 45°, въ сѣверномъ полушаріи вправо, а въ южномъ влѣво.*

Теорія Экмана показываетъ, что при передачѣ теченія отъ слоя къ слою треніемъ всегда одновременно долженъ происходить и постепенный поворотъ въ направленіи теченія. Этотъ законъ, очевидно, не зависитъ отъ причины, производящей первоначальное движеніе воды, онъ остается въ силѣ, будетъ ли причиною теченія вѣтеръ или разность плотностей. Отсюда видно, что явленіе океаническихъ теченій, уже достаточно сложное и на поверхности, становится еще сложнѣе при передачѣ его внизъ треніемъ даже на небольшія глубины.

Важный выводъ, къ которому приводитъ теорія Экмана въ противоположность прежней теоріи, состоитъ въ томъ, что чисто-дрейфовое теченіе не можетъ проникать глубоко. Насколько глубоко въ дѣйствительности проникаютъ въ океанѣ такія теченія, обстоятельныхъ наблюденій еще не имѣется, но нѣкоторыя указанія есть. Напримѣръ, въ сѣверномъ экваторіальномъ теченіи Атлантическаго ок. въ 8° с. ш. на глубинѣ 150 м. (около 80 м. с.) уже, повидимому, скорость теченія очень мала, а на 200 м. (109 м. с.) почти нуль. Въ южномъ экваторіальномъ теченіи Тихаго ок., по наблюденію С. О. Макарова, на глубинѣ не много болѣе 200 м. теченіе прекращается. Если предположимъ, что глубина тренія D на 8° с. ш. 150 м., то можно вычислить величины для D въ другихъ широтахъ. Онѣ будутъ таковы:

8°	15°	20°	40°	60°	90° широты.
150	109	95	69	60	55 метровъ.

Такимъ образомъ нѣкоторое подтвержденіе существованія *глубины тренія* D въ природѣ уже имѣется изъ наблюденій *).

Согласно прежней дрейфовой теоріи (Цёпприца), казалось бы, всѣ воды океановъ до дна должны были въ пассатныхъ полосахъ прійти въ такое же движеніе, какъ и на поверхности; современная же теорія показываетъ, что даже на очень небольшихъ глубинахъ дрейфовое теченіе уже прекращается, что несравненно болѣе понятно. Промежутокъ времени, въ теченіе коего дрейфовое теченіе на большихъ глубинахъ успѣваетъ вполнѣ развиться и достигнуть стаціонарнаго состоянія, по новой теоріи вовсе не десятки тысячъ лѣтъ, а всего 3,0—4,5 мѣсяца.

*) Наблюденія Крюммеля и Мерца въ экваторіальномъ теченіи Атлантическаго ок. и Бреннеке въ высокихъ южныхъ широтахъ того же океана во время дрейфа во льдахъ судна *Deutschland* въ 1912 г. подтверждаютъ зависимость глубины тренія отъ широты.

Другой важный выводъ теоріи Экмана—уклоненіе поверхностнаго теченія отъ вѣтра на 45° независимо отъ широты, также подтверждается наблюденіями. Изслѣдованія разныхъ лицъ показали, что уголъ между вѣтромъ и теченіемъ: для Сѣвернаго Полярнаго моря—38°, для восточнаго Средиземнаго моря—43°; для сѣвернаго экваторіальнаго теченія Атлантическаго ок. въ 10° с. ш.—48°; для южнаго экваторіальнаго Атлантическаго ок. въ 9° ю. ш.—33°; для Индійскаго ок. въ экваторіальномъ теченіи въ 15° ю. ш. — 49°, а въ среднемъ для всѣхъ тѣхъ теченій Индійскаго ок., которыя могутъ быть приняты за чисто-дрейфовыя, т.-е. удовлетворяютъ положеніямъ теоріи, получился уголъ 47°, т.-е. вполнѣ удовлетворительное согласіе съ теоріей *).

Лучшаго подтвержденія теоріи нельзя и ожидать, потому что чисто-дрейфовое теченіе врядъ ли можетъ существовать въ океанѣ; т.-е. теченіе возникшее исключительно только отъ вѣтра.

Третье положеніе теоріи Экмана: скорость дрейфовыхъ теченій зависитъ отъ широты, а именно скорость обратно пропорціональна $\sqrt{\sin \varphi}$, также получило подтвержденіе изъ наблюденій и изслѣдованій теченій. Оказывается, что дѣйствительно съ приближеніемъ къ экватору скорость дрейфоваго теченія увеличивается въ предѣлахъ той точности наблюденій, какая имѣется въ настоящее время **).

Все выше сказанное относилось къ безбрежному океану, но въ дѣйствительности океаны со всѣхъ сторонъ окружены берегами, которые своимъ вліяніемъ значительно видоизмѣняютъ дрейфовыя теченія.

Въ случаяхъ, когда дрейфовое теченіе находится подъ вліяніемъ береговъ, вслѣдствіе вращенія направленій теченія съ глубиною (отъ уклоняющей силы земли), струи воды, на глубинѣ или нагоняются къ берегамъ или отгоняются отъ нихъ, и тогда у берега получается уклонъ поверхностей равныхъ давленій, приводящій всю толщу воды отъ поверхности до дна въ движеніе. При этомъ, согласно теоріи Экмана, образуется три слоя теченія: *поверхностное*, отклоняющееся отъ вѣтра на уголъ между 0°—53°, смотря по тому, какое направленіе имѣетъ вѣтеръ

*) Изслѣдованіе Галле на основаніи голландскихъ данныхъ для Инд. ок. важно потому, что оно опирается на наблюденія теченій съ 1858 г. по 1904 г., давшія въ суммѣ для южной части океана 76.873 наблюденія надъ вѣтромъ и 10.160 наблюденій теченій.

**) Изслѣдованія Галле для Индійскаго ок. и Форча для теченій: Калифорнскаго, Канарскаго и Сомалійскаго показали, что это положеніе теоріи Экмана достаточно подтверждается наблюденіями, насколько послѣднія по своей точности могутъ служить для данной цѣли.

относительно линіи берега; *промежуточное*, идущее всегда параллельно берегу, и *придонное*, идущее болѣе или менѣе въ направленіи берега.

Вліяніе береговъ такимъ образомъ выражается на дрейфовыхъ теченіяхъ кореннымъ измѣненіемъ ихъ характера. Чисто-дрейфовое теченіе внѣ вліянія береговъ распространяется на поверхностный слой небольшой толщины. Если же такое дрейфовое теченіе находится подъ вліяніемъ береговъ, то вся толщина воды до дна приходитъ въ движеніе.

Такъ какъ океаны окаймлены берегами со всѣхъ сторонъ, то и въ большомъ удаленіи отъ береговъ вліяніе послѣднихъ сказывается; потому, согласно новѣйшей вѣтровой теоріи, и въ открытомъ океанѣ должно существовать не только возбужденное вѣтромъ поверхностное дрейфовое теченіе, захватывающее слой малой толщины, но и мощное промежуточное теченіе и придонное теченіе такой же толщины, какъ и дрейфовое. Въ разныхъ частяхъ океановъ направленія этихъ теченій будутъ различныя, но вся масса водъ океана будетъ находиться въ движеніи, хотя въ нѣкоторыхъ частяхъ и очень медленномъ *).

Такимъ образомъ вѣтры, вслѣдствіе существованія береговъ океановъ, оказываютъ вліяніе не только на образованіе поверхностныхъ дрейфовыхъ теченій, но и возбуждаютъ теченія въ глубокихъ слояхъ до самаго дна.

Вліяніе глубины и береговъ на дрейфовыя теченія по теоріи Экмана.—Законъ возникновенія чисто-дрейфоваго теченія, захватывающаго только поверхностный слой, былъ выведенъ при условіяхъ безконечно глубокаго и безбрежнаго океана, въ природѣ же океаны ограничены, и потому важно было вывести зависимость чисто-дрейфоваго теченія отъ уменьшенія глубины и вліянія берега.

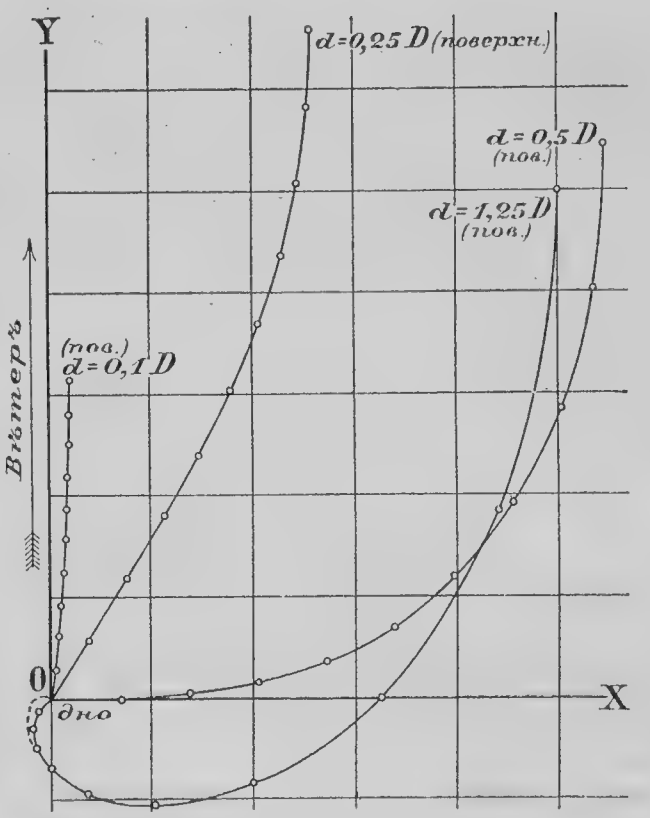
Результаты изслѣдованія относительно вліянія глубины могутъ быть наглядно показаны на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 189). Предположимъ, что въ избранныхъ мѣстахъ моря его глубины d послѣдовательно равны: 1,25 D; 0,5 D; 0,25 D и 0,1 D, гдѣ D есть *глубина трѣнія*. Стрѣлка T изображаетъ по величинѣ и направленію скорость вѣтра, одинаковую для всѣхъ случаевъ.

Тогда, вычисливъ для десяти равноотстоящихъ отъ дна слоевъ направленія и величины скоростей дрейфоваго теченія, возбужденнаго вѣтромъ силы T, обозначаютъ кружочками концы соотвѣтствующихъ стрѣлокъ теченій (подобныхъ тѣмъ, какъ на фиг. 187) въ проекціи на плоскость осей XY и соединяютъ эти точки обертывающими кривыми. На чертежѣ у каждой кривой подписана глубина, къ которой она относится, и точки, соотвѣтствующія поверхностнымъ теченіямъ, снабжены надписью—поверхность.

На чертежѣ ясно видно, какова зависимость дрейфоваго теченія отъ глубины; если глубина мала, напримѣръ, $d = 0{,}1\,D$, то во всей своей толщѣ воды теченіе идетъ по направленію вѣтра, почти нисколько отъ него не отклоняясь. Для глубины $d = 0{,}25\,D$ уголъ

*) Далѣе мелкимъ шрифтомъ изложены эти выводы теоріи Экмана нѣсколько подробнѣе и снабжены чертежами.

отклоненія направленія поверхностнаго теченія отъ вѣтра уже 21°,5, для $d = 0{,}5\,D$ онъ 45°; при увеличеніи глубины d далѣе уголъ отклоненія остается почти безъ перемѣны до $d = D$. По мѣрѣ увеличенія глубины d поворотъ (вслѣдствіе вліянія вращенія земли) направленій теченія при передачѣ его треніемъ слоямъ, лежащимъ глубже, сказывается все больше и больше. При $d = 0{,}1\,D$, какъ видно на чертежѣ, никакого поворота направленій въ слояхъ, лежащихъ отъ поверхности до дна, вовсе не наблюдается. При глубинѣ моря $d = 0{,}25\,D$ поворотъ уже замѣтенъ; а при $d = 1{,}25\,D$ кривая, соединяющая концы стрѣлокъ направленій теченій въ разныхъ слояхъ, почти совпадаетъ съ нормальною кривою, т.-е. при условіи, что D безконечно велико (см. фиг. 187, стр. 466); она отличается отъ нея только въ придонномъ слоѣ (около точки O), гдѣ пунктирная кривая и есть нормальная.



Фиг. 189. Вліяніе глубины на теченіе.

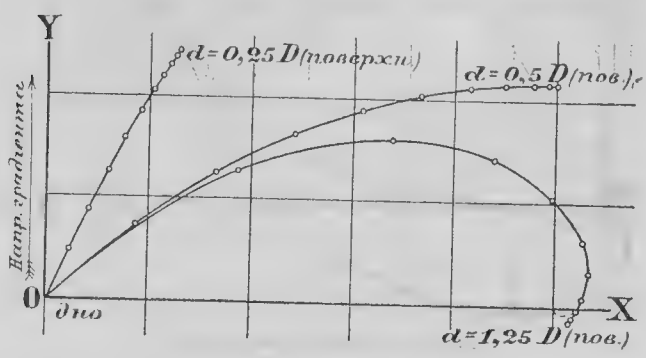
Кривая для $d = 2D$, на чертежѣ не проведенная, совершенно совпадаетъ съ нормальною при условіи безконечной глубины. Отсюда видно, что глубина оказываетъ вліяніе на дрейфовое теченіе только до тѣхъ поръ, пока она меньше двойной глубины тренія D.

Наблюденія подтверждаютъ сдѣланные выше выводы. На пловучемъ маякѣ Адлеръ-грундъ въ Балтійскомъ м. (между о-ми Борнгольмомъ и Рюгеномъ), стоящемъ на глубинѣ 12 м., въ теченіе 294 дней наблюдали вѣтеръ и теченіе на глубинѣ 5-ти м. Оказалось, что среднее отклоненіе направленія теченія отъ вѣтра было 28°, по теоріи же Экмана должно было бы быть при этихъ условіяхъ 23°. Наблюденія, производившіяся на маякахъ: шведскихъ, датскихъ и финляндскихъ въ Балтійскомъ м. и въ Ладожскомъ оз., въ общемъ давшія около 6.000 наблюденій, показали, что и тамъ получается уголъ отклоненія, подходящій къ теоретическому. При этомъ надо указать, что во всѣхъ этихъ случаяхъ теченія возникали, конечно, не только отъ вліянія одного вѣтра, а и отъ другихъ причинъ, т.-е. наблюдавшіяся теченія не были чисто-дрейфовыми, и слѣдовательно полнаго совпаденія результатовъ наблюденій и теоріи нельзя и ожидать.

Въ дѣйствительности океанъ не безбреженъ, и вліяніе береговъ его на вѣтровыя теченія сказывается въ томъ, что свободному движенію воды ставится препятствіе, заставляющее воду накопляться около берега или обратно оттекать отъ берега. Тогда поверхность воды принимаетъ наклонное положеніе, при чемъ уклонъ увеличивается до тѣхъ поръ, пока не наступитъ равновѣсіе между притокомъ и оттокомъ воды. Очевидно, что такія теченія могутъ возникать отъ всякихъ причинъ, могущихъ произвести уклонъ поверхностей равныхъ давленій, а не только отъ нагона или сгона воды вѣтромъ на поверхности. Вслѣдствіе притока или оттока воды въ такихъ случаяхъ гидростатическое давленіе на всѣхъ уровенныхъ поверхностяхъ до самаго дна или увеличивается или уменьшается, и въ результатѣ во всей толщѣ воды возникаютъ теченія, стремящіяся уравнять образовавшіяся неравенства въ гидростатическомъ давленіи.

Такимъ образомъ во всей толщѣ воды возникаютъ горизонтальные градіенты или къ берегу или отъ него.

Для того, чтобы выяснить, какія при такихъ условіяхъ возникнутъ теченія въ толщѣ воды, надо сначала разсмотрѣть общій случай возникновенія теченій вслѣдствіе образованія въ массѣ воды градіента давленія, все равно отъ какой причины, по какому-либо направленію, при условіи существованія однообразныхъ глубины и плотности.



Фиг. 190. Вліяніе градіента давленія на образованіе теченія.

Теоретическое изслѣдованіе показываетъ, что въ такомъ случаѣ, въ зависимости отъ глубины, возникаютъ теченія, которыя могутъ быть изображены слѣдующимъ образомъ на чертежѣ (фиг. 190), гдѣ оси Y и X совпадаютъ съ уровенною поверхностью, а ось Z къ ней перпендикулярна и направлена внизъ, слѣдовательно на чертежѣ она проектируется въ точкѣ O. На чертежѣ показаны кривыя для четырехъ случаевъ: когда $d = 0{,}25\,D$, $d = 0{,}5\,D$, $d = 1{,}25\,D$, и для $d = 2{,}5\,D$. Кружки на каждой кривой соотвѣтствуютъ концамъ стрѣлокъ, представляющимъ скорости на глубинахъ: $0{,}1 - 0{,}2 - 0{,}3\,d$ . . . считая ихъ отъ дна. Направленіе градіента принято совпадающимъ съ осью Y, слѣдовательно вдоль оси X разность давленій вездѣ равна нулю (чертежъ построенъ для сѣвернаго полушарія).

Разсматривая кривыя, видно, что при малой глубинѣ, $d = 0{,}25\,D$, вліяніе вращенія земли на нарастаніе отклоненій теченій съ глубиною почти не замѣтно, кривая очень близка къ прямой. При $d = 0{,}5\,D$ уклоняющее вліяніе земли уже замѣтно, а при $d = 1{,}25\,D$ оно вполнѣ ясно. Слѣдовательно, чѣмъ больше глубина моря, тѣмъ больше сказывается вліяніе уклоняющей силы земли, отклоняющей теченіе отъ направленія градіента вправо для сѣвернаго полушарія. При условіи, что глубина больше $2{,}5\,D$, кривая ей соотвѣтствующая, по начертанію своему совпадаетъ вездѣ съ таковою же для $d = 1{,}25\,D$, кромѣ ея конца около самой поверхности, гдѣ она показана на чертежѣ пунктиромъ.

Такимъ образомъ изъ чертежа видно, что при глубинахъ, большихъ $2\,D$, во всей толщѣ воды образуются слѣдующія теченія. Внизу, около дна и выше его до разстоянія, равнаго D надъ дномъ, существуетъ придонное теченіе, направленное болѣе или менѣе

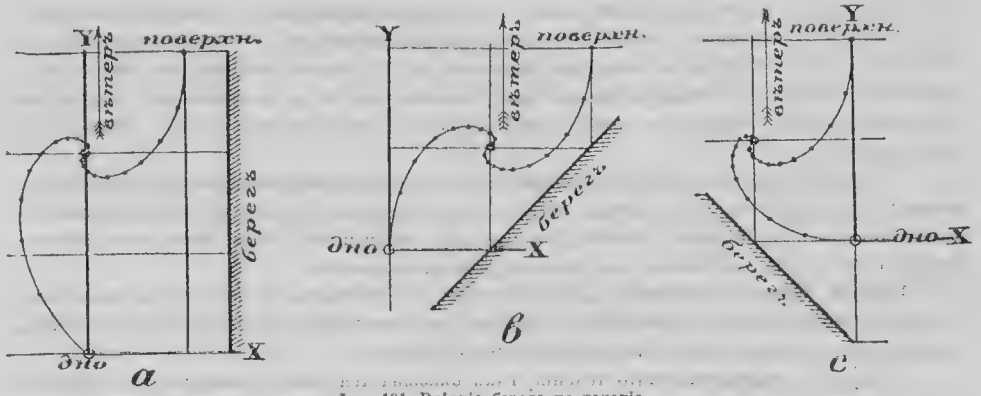
въ сторону градіента, выше же до самой поверхности господствуетъ теченіе, уклонившееся вправо отъ направленія градіента и обладающее во всей своей толщѣ почти одинаковою скоростью (что выражено на черт. почти одинаковою длиною стрѣлокъ между точкою O и кружками, обозначающими концы ихъ); уголъ между направленіемъ этого послѣдняго теченія и градіентомъ равенъ 90°. Такимъ образомъ нарушеніе величинъ гидростатическихъ давленій на одинаковыхъ глубинахъ выражается возникновеніемъ теченій во всемъ слоѣ воды отъ поверхности до дна.

Въ только-что разобранномъ общемъ случаѣ не разсматривалось, отчего возникло неравенство гидростатическихъ давленій, дальше же разсмотрѣны случаи, когда это обстоятельство произошло именно отъ вліянія берега.

Вліяніе берега на дрейфовыя теченія видно на слѣдующихъ чертежахъ, выражающихъ графически результаты вычисленій при условіи, что вода во всей толщѣ обладаетъ однородною плотностью.

Причина вліянія береговъ на видоизмѣненіе характера дрейфовыхъ теченій заключается въ томъ, что, какъ бы ни шло поверхностное теченіе относительно направленія берега, даже параллельно ему, вслѣдствіе вліянія уклоняющей силы земли, теченіе при передачѣ въ нижележащіе слои непремѣнно поворачиваетъ, по отношенію направленія поверхностнаго теченія, въ сѣверномъ полушаріи вправо, а въ южномъ влѣво. Поэтому на нѣкоторой глубинѣ теченіе всегда идетъ или къ берегу—тогда образуется нагонъ воды, или отъ берега—тогда получается сгонъ воды. Каждое изъ этихъ обстоятельствъ приводитъ къ нарушенію гидростатическаго давленія во всей толщѣ воды и этимъ самымъ вызываетъ уклонъ поверхностей равныхъ давленій, послѣднее же обусловливаетъ возникновеніе движеній уже во всѣхъ слояхъ воды до самаго дна.

Для выясненія такого конечнаго результата разсмотримъ тутъ наиболѣе простые случаи вліянія берега на видоизмѣненія въ характерѣ дрейфоваго теченія.



Фиг. 191. Вліяніе берега на теченіе.

Предположимъ, что вѣтеръ постояннаго направленія и скорости дуетъ по какому-либо направленію, а берегъ имѣетъ прямое направленіе и большое протяженіе, которое практически можно принять за безконечное, вода же обладаетъ во всей своей толщѣ однородною плотностью. Разберемъ три разныхъ положенія берега относительно направленія вѣтра (фиг. 191-a, в, c), предполагая во всѣхъ случаяхъ, что глубина моря d больше $2{,}5D$ глубины трепія, и слѣдовательно вліяніе глубины не будетъ сказываться на направленіи

теченій. Нижеслѣдующее есть графическое изображеніе результатовъ теоретическихъ изслѣдованій Экмана.

Такъ же, какъ и на предшествующихъ чертежахъ (фиг. 189—190), стрѣлки отдѣльныхъ направленій теченій на разныхъ глубинахъ не проведены, чтобы не затемнять чертежа, на немъ обозначены точками только концы стрѣлокъ для глубинъ: считая отъ поверхности внизъ — 0,1 D; 0,2 D и т. д.; а другой рядъ точекъ идетъ отъ начала координатъ (кружокъ) и соотвѣтствуетъ концамъ стрѣлокъ для слоевъ, расположенныхъ надъ дномъ моря на разстояніяхъ, равныхъ: 0,1 D; 0,2 D и т. д. Черная точка большого размѣра посрединѣ есть конецъ стрѣлки для слоя средней глубины (такимъ образомъ на каждой вѣтви кривой имѣется по 10 точекъ). Мѣсто оконечности стрѣлки поверхностнаго теченія обозначено подписью «поверхность». Черезъ всѣ точки проведены обертывающія кривыя, изображенныя на чертежѣ въ проекціи на плоскость XY (фиг. 191-a, в, c).

Разсмотримъ случай *a* при условіи параллельности линіи берега и направленія вѣтра. При этомъ наблюдаются на всѣхъ глубинахъ, какъ видно на чертежѣ, наибольшія скорости изъ всѣхъ трехъ случаевъ. Поверхностное теченіе уклоняется вправо отъ вѣтра (сѣв. пол.), а въ нижележащихъ слояхъ направленія теченій составляютъ все меньшіе и меньшіе углы съ вѣтромъ, и около средняго слоя цѣлый рядъ стрѣлокъ имѣютъ почти то же направленіе, что и стрѣлка для слоя средней глубины (точки на кривыхъ скучены около большой черной точки). Направленія стрѣлокъ ниже средней глубины уклоняются отъ берега влѣво.

Такимъ образомъ получается три слоя теченій: *поверхностное*, уклоняющееся вправо отъ вѣтра, *промежуточное* около средней глубины и вверхъ и внизъ отъ нея, охватывающее мощный слой воды, оно идетъ параллельно линіи берега; и затѣмъ *придонное* теченіе съ убывающими ко дну скоростями и общимъ направленіемъ приблизительно вдоль берега.

Разсматривая случаи *в* и *c*, когда вѣтеръ и берегъ составляютъ тупой или острый уголъ, получаемъ тѣ же результаты; вездѣ теченіе *промежуточной* глубины идетъ параллельно берегу и обладаетъ большою мощностью; *поверхностное* теченіе составляетъ съ вѣтромъ углы отъ 0° (берегъ влѣво отъ вѣтра—*c)* до 53° (берегъ вправо отъ вѣтра—*в*); а *придонное* теченіе, съ меньшими скоростями, чѣмъ въ случаѣ *a*, направляется или къ берегу или отъ него, смотря по тому, производитъ ли поверхностное теченіе нагонъ или сгонъ воды.

Слѣдовательно, вслѣдствіе существованія берега, чисто-дрейфовое теченіе стало обусловливать появленіе сгона или нагона воды у берега, и, какъ результатъ этого, появились чисто-компенсаціонныя теченія, стремящіяся восполнить убыль воды или отвести прибыль ея и тѣмъ выровнять поверхности равныхъ давленій.

Другое важное послѣдствіе вліянія береговъ на дрейфовое теченіе есть увеличеніе скоростей *поверхностныхъ* теченій (въ среднемъ въ отношеніи 166 : 100), какъ при вѣтрѣ, параллельномъ берегу, такъ и въ другихъ двухъ случаяхъ.

Скорость *промежуточнаго* теченія, какъ оказывается изъ изслѣдованія, находится въ зависимости отъ величины той составляющей скорости вѣтра, которая параллельна берегу, именно эти двѣ скорости пропорціональны другъ другу.

На чертежахъ (фиг. 191) представлены были только тѣ случаи, когда вѣтеръ дуетъ параллельно или подъ угломъ къ берегу. Если же направленіе вѣтра перпендикулярно къ берегу, то промежуточнаго теченія не возникаетъ вовсе.

Всѣ три разсмотрѣнныя системы теченій, возникающія подъ вліяніемъ береговъ, во всей толщѣ воды, а именно: поверхностное, промежуточное и глубинное устанавливаются и достигаютъ стаціонарнаго состоянія въ зависимости отъ нѣсколькихъ причинъ (глубины

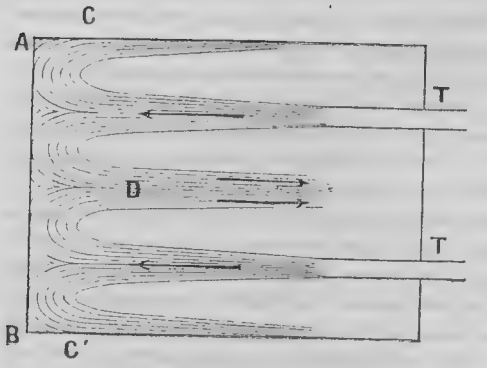
тренія D, глубины моря, широты, разстоянія отъ берега и размѣровъ воздушнаго теченія, возбуждающаго движенія воды); однако въ общемъ можно сказать, что въ той полосѣ океана, которая лежитъ въ области материковой отмели и начала материковаго склона, т.-е. тамъ, гдѣ глубины не велики (не болѣе 400 м.), такія теченія устанавливаются въ короткій срокъ нѣсколькихъ дней. Вдали отъ береговъ, напримѣръ, въ 1.000 клл. и при глубинахъ въ 2.000 м. для достиженія стаціонарнаго состоянія уже необходимо около двухъ съ половиною мѣсяцевъ въ 45° ш., при чемъ къ экватору этотъ промежутокъ времени увеличивается. Въ открытомъ океанѣ на глубинахъ въ 4.000 м. онъ еще больше, до 3—4—5 мѣсяцевъ.

Отсюда понятно, что теченія въ мелкихъ моряхъ устанавливаются быстро и быстро слѣдуютъ за случайными колебаніями вѣтровъ; а въ болѣе глубокихъ водахъ вся система теченій находится въ зависимости отъ среднихъ величинъ направленія и скорости вѣтра; случайныя же измѣненія вѣтра оказываютъ вліяніе только на тонкіе поверхностные слои воды, а на всю совокупность теченій они не вліяютъ вовсе. Потому-то въ океанѣ въ областяхъ даже большихъ постоянныхъ теченій часто наблюдаются на поверхности случайныя колебанія теченій (см. выше объ устойчивости теченій, стр. 442), тѣмъ болѣе, что случайные вѣтры часто бываютъ сильнѣе господствующихъ вѣтровъ, особенно въ умѣренныхъ широтахъ.

Пользуясь различными вспомогательными данными, возможно получить представленіе и о характерѣ внутренняго тренія въ водѣ при дрейфовыхъ теченіяхъ. Оказывается, что при свѣжихъ вѣтрахъ внутреннее треніе выражается такъ—$4{,}3 \cdot v^2$, а при вѣтрахъ болѣе слабыхъ — $1{,}02 \cdot v^3$, гдѣ v есть скорость вѣтра (и то и другое выраженія даны въ величинахъ сант.—граммъ—секунда). Отсюда видно, что внутреннее треніе въ теченіяхъ оказывается величиною совершенно иного порядка, нежели молекулярное треніе въ жидкостяхъ, принимавшееся раньше Цёпприцемъ при вычисленіяхъ въ его теоріи теченій (0,010 — 0,016 с. г. с.). Дѣйствительно, въ вышеуказанное представленіе о внутреннемъ треніи въ теченіяхъ, очевидно, входитъ вліяніе всѣхъ водоворотовъ, образующихся при движеніи слоевъ воды другъ по другу, потому-то оно и зависитъ отъ скорости вѣтра и оказывается въ нѣсколько тысячъ разъ больше молекулярнаго тренія. Теоретическія изслѣдованія, опытъ и нѣкоторыя наблюденія показываютъ, что, когда толща воды образована изъ слоевъ различной плотности, лежащихъ другъ на другѣ, то внутреннее треніе между ними бываетъ меньше (потому что въ этомъ случаѣ водовороты между слоями труднѣе образуются). Въ тропикахъ съ глубиною плотность воды въ океанѣ измѣняется гораздо быстрѣе, нежели въ умѣренныхъ широтахъ (см. фиг. 45, стр. 105), и потому тамъ и внутреннее треніе меньше. Это обстоятельство вліяетъ на уменьшеніе *глубины тренія* D въ тропикахъ и не допускаетъ ее такъ быстро увеличиваться съ уменьшеніемъ широты, какъ бы слѣдовало по теоріи.

Разсмотрѣнные выше случаи вліянія берега на дрейфовое теченіе (фиг. 191-*a*, *в* и *с*) показываютъ, что при сгонѣ поверхностной воды отъ берега, вдоль него должна выступать вода болѣе холодныхъ глубокихъ слоевъ, что̀ дѣйствительно и наблюдается въ океанахъ во многихъ мѣстахъ вдоль береговъ.

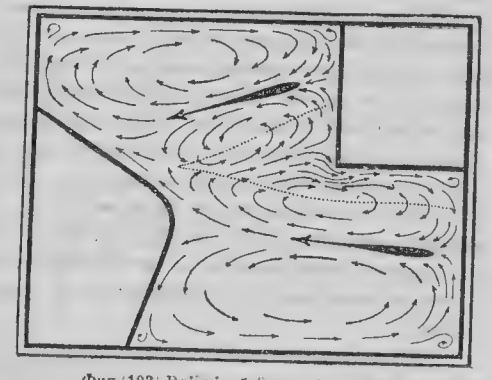
III.—Вліяніе береговъ и рельефа дна. — Вліяніе береговъ (понимая подъ этимъ не одну только береговую линію, но и вертикальное развитіе берега въ глубину) оказываетъ и непосредственное вліяніе на характеръ теченій на поверхности и на глубинахъ. Напримѣръ, архипелаги острововъ должны имѣть большое значеніе при движеніи массъ воды черезъ ихъ проливы. Опытъ показываетъ, что, если струи теченія встрѣ-



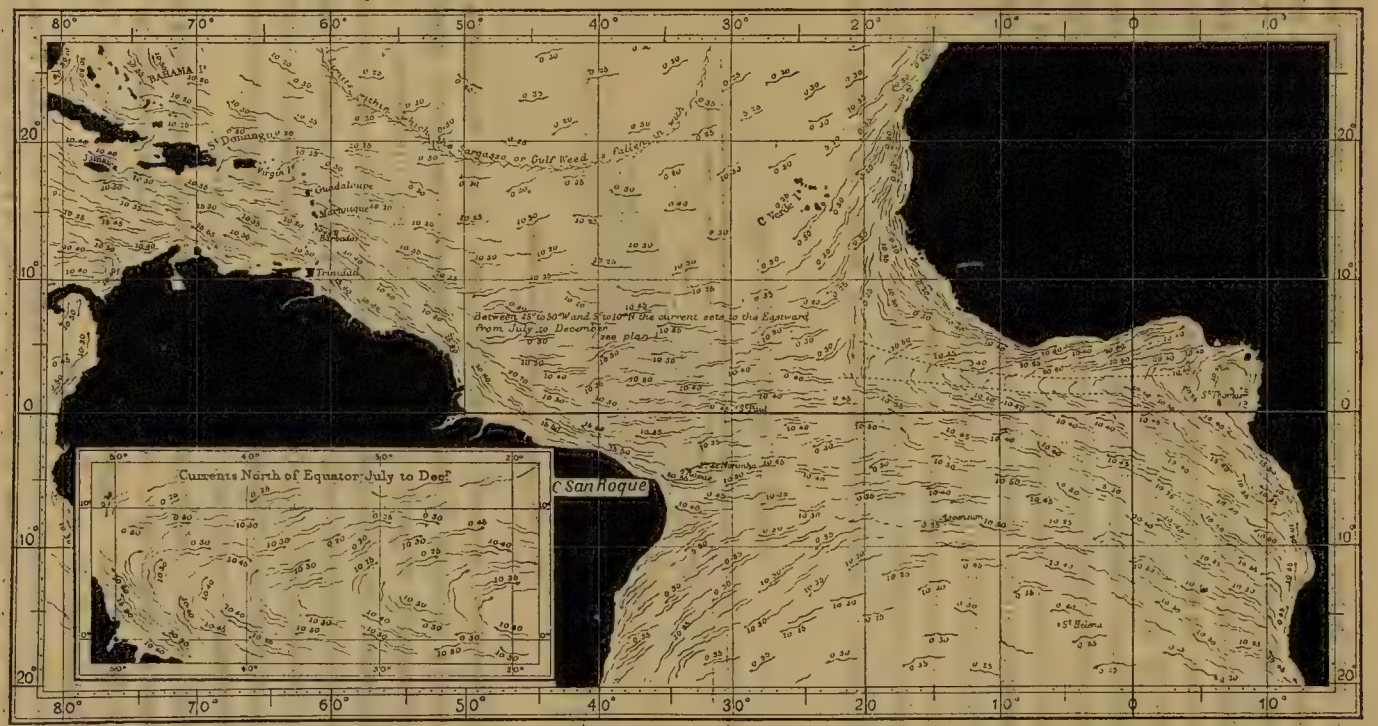
Фиг. 192. Вліяніе преграды на теченія.

чаютъ на своемъ пути преграду, то каждая струя раздѣляется на два потока, поворачивающихъ на 180° и текущихъ обратно. Если такихъ потоковъ было два, то между ними образуется противотеченіе D, какъ это видно на чертежѣ (фиг. 192), гдѣ T—T есть трубы, изъ коихъ вытекаетъ вода.

Крюммель производилъ опыты съ бассейнами, напоминающими очертанія океановъ; напримѣръ, какъ видно на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 193), при помощи вставленныхъ въ плоскій бассейнъ двухъ перегородокъ получается подобіе тропической части Атлантическаго ок. Толстыя стрѣлки показываютъ направленіе воздушныхъ струй, которыя равномѣрно двигались надъ поверхностью воды, гдѣ заранѣе были распредѣлены поплавки одинаковаго съ водою удѣльнаго вѣса. Тонкія стрѣлки показываютъ направленія движенія поплавковъ. На чертежѣ видно, какъ потокъ теченія, возбужденнаго нижнею (на чертежѣ) струею воздуха, встрѣтивъ выдающійся мысъ, раздѣляется на двѣ части, одна внизу образуетъ замкнутый водоворотъ; другая же отчасти переходитъ вдоль берега въ верхнюю половину бассейна, гдѣ присоединяется къ водовороту, образовавшемуся направо отъ верхней стрѣлки вѣтра. Между стрѣлками вѣтровъ получается два другихъ водоворота, соприкасающіяся части которыхъ, заключенныя въ пунктирный треугольникъ, образуютъ подобіе экваторіальнаго противотеченія, тогда какъ части водоворотовъ, лежащія около большихъ стрѣлокъ вѣтровъ, играютъ роль экваторіальныхъ теченій сѣвернаго и южнаго, а часть послѣдняго, идущая вдоль берега вверхъ,— есть подобіе Гвіанскаго теченія.



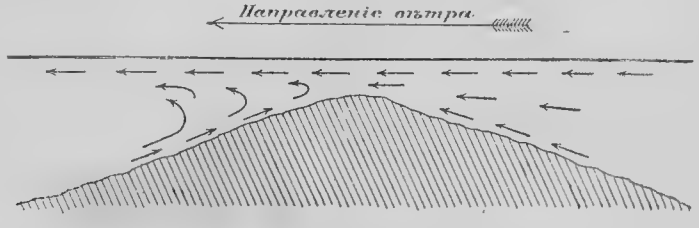
Фиг. 193. Вліяніе береговъ на теченія.



Фиг. 194. Вліяніе очертанія береговъ на теченія. Примѣръ заимствованъ изъ англійскаго атласа теченій; а именно взята экваторіальная часть карты теченій Атлантическаго океана въ среднемъ за годъ. Полоса отъ экватора до 10° с. ш. на картѣ даетъ теченія съ Декабря по Іюль, а налѣво сбоку та же полоса изображена съ теченіями съ Іюля по Декабрь.

Чтобы еще болѣе ясно показать зависимость между теченіями и берегами океановъ, на чертежѣ (фиг. 194, см. стр. 479) данъ немного уменьшенный снимокъ съ карты теченій въ среднемъ за годъ этой же части Атлантическаго океана изъ атласа теченій англійскаго адмиралтейства. На ней видно, какъ встрѣча южнымъ экваторіальнымъ теченіемъ выдающагося къ востоку мыса Рокъ южной Америки заставляетъ это теченіе раздѣлиться пополамъ, и какъ между двумя экваторіальными теченіями образуется противотеченіе, стремящееся пополнить въ восточной части океана убыль, происшедшую вслѣдствіе уноса воды къ западу обоими экваторіальными теченіями, показывая, что это противотеченіе есть настоящее компенсаціонное (вознаграждающее) теченіе.

Подобно очертанію береговъ и *рельефъ дна* можетъ оказывать вліяніе на теченія и совмѣстно съ существующимъ уже теченіемъ образовать вновь на глубинахъ поднимающійся вверхъ вдоль по уклону дна потокъ воды.



Фиг. 195. Вліяніе рельефа дна на теченія.

На прилагаемомъ чертежѣ (фиг. 195) дана схема подобныхъ теченій на основаніи опытовъ Крюммеля. На поверхности идетъ дрейфовое теченіе, образованное вѣтромъ (или какою другою причиною), вслѣдствіе существованія подъема дна поверхностное теченіе обусловливаетъ образованіе двухъ потоковъ воды, снизу вверхъ вдоль обоихъ склоновъ подводной возвышенности. Особенно сильнымъ оказывается подводное теченіе на подвѣтренной сторонѣ подъема дна, гдѣ поверхностное теченіе прямо всасываетъ воду изъ болѣе глубокихъ слоевъ.

Подобныя явленія наблюдаются и въ природѣ надъ банками въ океанѣ и моряхъ, напримѣръ, ихъ наблюдали: въ Карибскомъ м. Гумбольдтъ, Дю-Цти Туаръ (франц. военнаго флота кап. 2 р.) въ Тихомъ ок., С. О. Макаровъ въ пр. Лаперуза.

Въ устьяхъ рѣкъ, впадающихъ въ моря, наблюдаются такія же явленія. Рѣчная вода, будучи легче морской, образуетъ даже и при перемѣшиваніи съ морскою водою болѣе лег-

кій слой, обладающій опредѣленнымъ движеніемъ отъ берега. Масса такого поверхностнаго теченія къ тому же больше, нежели масса одной рѣчной воды (по справедливому замѣчанію адмирала С. О. Макарова), вслѣдствіе смѣшенія рѣчной воды съ морскою. Образовавшееся такимъ путемъ теченіе всасываетъ изъ нижнихъ слоевъ болѣе холодную воду въ морѣ или океанѣ и обусловливаетъ пониженіе температуры въ приповерхностныхъ слояхъ на такихъ глубинахъ, гдѣ въ нѣкоторомъ удаленіи отъ впаденія рѣки температура гораздо выше. Такое явленіе наблюдалъ Экманъ у Готтенбурга въ Каттегатѣ и С. О. Макаровъ на *Витязѣ* у Лаплаты въ открытомъ океанѣ въ 60 морск. м. отъ устья рѣки. Температура на глубинѣ 25 м. оказалась всего 7°,6, а на поверхности она была 19°,1. Между тѣмъ на сосѣднихъ станціяхъ на той же глубинѣ встрѣчали температуры 11°—12°.

Совершенно такое же вліяніе рѣчного теченія на поднятіе въ болѣе близкіе къ поверхности слои болѣе солепой и плотной глубинной воды наблюдалось С. О. Макаровымъ и на Кронштадтскихъ рейдахъ и въ гаваняхъ порта именно послѣ продолжительныхъ восточныхъ вѣтровъ, увеличивающихъ скорость теченія поверхностной прѣсной воды изъ р. Невы и вслѣдствіе того уменьшающихъ толщину поверхностнаго слоя.

IV.—Вліяніе давленія атмосферы.—Какъ уже было указано выше (стр. 333), каждое измѣненіе въ давленіи атмосферы отзывается измѣненіемъ въ положеніи уровня океана или моря (озера) и притомъ въ отношеніи 1 : 13; при измѣненіи давленія атмосферы на 1 мм. уровень воды измѣняетъ свое положеніе на 13 мм. Изученіе распредѣленія атмосфернаго давленія надъ океанами показываетъ, что тамъ существуютъ области, гдѣ оно держится весь годъ или высокимъ или низкимъ; напримѣръ, въ широтахъ около 30° с. и ю. давленіе всегда высокое, а около экватора—слабое. Въ Атлантическомъ ок. около Исландіи—всегда низкое; также въ большихъ широтахъ южнаго полушарія (55°—60° ю. ш.). Существованіе подобныхъ областей съ опредѣленнымъ характеромъ давленія должно вызывать образованіе океаническихъ теченій между указанными областями, при чемъ направленія теченій будутъ еще видоизмѣняться подъ вліяніемъ вращенія земли.

Въ моряхъ подобное вліяніе давленія атмосферы на ихъ различныя части сказывается значительно на теченіяхъ въ проливахъ, соединяющихъ ихъ съ океанами или другими морями. Напримѣръ, Гольфстримъ въ своемъ началѣ во Флоридскомъ каналѣ, случается, обладаетъ большею скоростью при сѣверныхъ, т.-е. противныхъ, вѣтрахъ и меньшею при южныхъ, попутныхъ. Такое несоотвѣтствіе объясняется вліяніемъ давленія атмосферы; когда сѣверные вѣтры дуютъ надъ Гольфстримомъ во Флоридскомъ проливѣ, тогда надъ Мексиканскимъ заливомъ бываетъ слабое давленіе атмосферы, отчего уровень въ заливѣ повышается, уклонъ къ Флоридскому проливу увеличивается, а это въ свою очередь ускоряетъ вытеканіе воды изъ залива черезъ Флоридскій пр. къ сѣверу.

Южные же вѣтра бываютъ во Флоридскомъ пр. при условіи существованія надъ Мексиканскимъ зал. высокаго давленія, почему тогда уровень въ заливѣ понижается и уклонъ уровня во Флоридскомъ пр. становится меньше, а слѣдовательно и скорость теченія уменьшается, несмотря на попутные вѣтра.

Обзоръ всѣхъ указанныхъ выше причинъ теченій. — Указанныя выше причины, возбуждающія передвиженіе воды въ океанѣ, сводятся къ тремъ условіямъ: вліянію *разностей давленія атмосферы*, вліянію *разностей плотности морской воды* и вліянію *вѣтра*. Вліяніе вращенія земли на оси и вліяніе береговъ могутъ *только* видоизмѣнять характеръ уже существующихъ теченій, но сами по себѣ два послѣднія обстоятельства никакихъ движеній воды возбудить не могутъ.

Вліяніе разностей давленія атмосферы никакихъ значительныхъ теченій возбудить не можетъ. Остаются двѣ слѣдующія причины: разности плотностей морской воды и вѣтеръ.

Разности плотностей въ океанѣ всегда существуютъ, а слѣдовательно всегда стремятся привести частицы воды въ движеніе. При этомъ разности плотностей дѣйствуютъ не только въ горизонтальномъ направленіи, но и въ вертикальномъ, возбуждая конвекціонныя теченія.

Вѣтеръ, согласно современнымъ взглядамъ, не только обусловливаетъ возникновеніе поверхностныхъ теченій, но также служитъ причиною происхожденія теченій и на разныхъ глубинахъ до самаго дна. Такимъ образомъ значеніе вѣтра, какъ возбудителя теченій, въ послѣднее время расширилось и стало болѣе всеобщимъ.

Матеріалъ, которымъ располагаетъ океанографія, по распредѣленію плотностей въ разныхъ мѣстахъ и на разныхъ глубинахъ въ океанахъ, еще очень малъ и недостаточно точенъ; но на основаніи его уже можно сдѣлать попытку опредѣлить численно (по способу Бьеркнеса) тѣ скорости теченій, какія разность плотностей можетъ возбудить въ поверхностныхъ слояхъ океановъ.

На основаніи меридіональнаго разрѣза черезъ сѣверное экваторіальное теченіе Атлантическаго ок. было опредѣлено, что существующая между 10° и 20° с. ш., разность плотностей могла бы произвести теченіе со скоростью 5—6 морск. м. въ 24 ч. Между тѣмъ наблюдаемая въ этомъ мѣстѣ средняя суточная скорость экваторіальнаго теченія около 15—17 морск. миль. Если вычислить скорость того же экваторіальнаго теченія, соотвѣтствующую только вліянію вѣтра (принимая скорость NE пассата въ 6,5 м. въ сек.), то получится суточная скорость теченія

въ 11 морск. миль. Сложивъ эту величину съ 5—6 мм. суточной скорости, обусловленной разностью плотности, получимъ наблюдаемыя 16—17 м.м. въ сутки.

Приведенный примѣръ показываетъ, что вѣтеръ, повидимому, оказывается болѣе важною причиною возбужденія теченій на поверхности океана, нежели разность плотностей.

Подобный же примѣръ для Балтійскаго м. еще болѣе убѣдителенъ, онъ показываетъ, что даже и тамъ, гдѣ на малыхъ разстояніяхъ разности плотностей очень велики, все-таки вліяніе вѣтра имѣетъ большее значеніе для возникновенія теченій (см. стр. 531, теченія Балт. м.).

Наконецъ самое существованіе смѣны муссонныхъ теченій, а также нѣкоторое передвиженіе и измѣненіе теченій тропической полосы во всѣхъ океанахъ въ зиму и лѣто того же полушарія показываютъ еще разъ большое значеніе вѣтровъ для существующей системы теченій. Перемѣщеніе метеорологическаго экватора съ временами года, конечно, сказывается на распредѣленіи температуры воды (см. главу о температурѣ), а слѣдовательно и на распредѣленіи плотности воды, но эти измѣненія очень не велики; измѣненія же въ системѣ вѣтровъ, вызываемыхъ перемѣщеніемъ метеорологическаго экватора, очень значительны.

Такимъ образомъ изъ этихъ трехъ причинъ теченій надо признать, что вѣтеръ представляетъ одну изъ важнѣйшихъ. На это указываютъ многія обстоятельства; несомнѣнно, что, если бы вѣтеръ не существовалъ, то возникшія въ океанахъ системы теченій очень значительно отличались бы отъ существующихъ.

Тутъ будетъ умѣстно указать, что въ океанѣ существуетъ много теченій съ водами совершенно различныхъ плотностей, идущихъ рядомъ, и, несмотря на то, между ними однако вовсе не образуется обмѣна воды.

Наконецъ всѣ теченія идутъ по ложу, образованному водами океана, всегда обладающими совершенно иными физическими свойствами, нежели воды самихъ теченій; однако и при этихъ условіяхъ теченія продолжаютъ существовать и двигаться, не смѣшивая немедленно своихъ водъ съ сосѣдними. Конечно, такое смѣшеніе водъ ихъ происходитъ, но оно совершается очень медленно и въ значительной мѣрѣ обусловливается образованіемъ водоворотовъ при движеніи одного слоя воды по другому *).

*) Напр., изогалина 32,0‰ служитъ рѣзкою границею на поверхности между Восточно-Гренландскимъ теченіемъ и остальною поверхностною водою въ Сѣверно-Европейскомъ м. Подобной рѣзкой границы не могло бы существовать, если бы законъ разности плотностей былъ главнѣйшею причиною теченій.

Заключеніе о причинахъ морскихъ теченій.—Причины океаническихъ теченій или, лучше сказать, условія, возбуждающія теченія, могутъ быть раздѣлены на двѣ части: *первичныя*—обусловливающія появленіе теченій, и *вторичныя*—производящія различныя видоизмѣненія въ нихъ.

I.—*Первичныя* условія, служащія источникомъ энергіи теченій, суть: вѣтеръ, разность плотностей и разность давленій атмосферы.

а)—Вѣтеръ дѣйствуетъ двоякимъ образомъ, во-первыхъ, непосредственно—треніемъ и посредственно—толчками на подвѣтренную сторону волнъ. Оба эти вліянія въ совокупности могутъ быть названы тангенціальнымъ треніемъ.

Какъ выше было указано, согласно существующему матеріалу по этому вопросу, вѣтеръ признается главнѣйшимъ условіемъ образованія существующей въ океанахъ системы теченій.

б)—Разность плотностей представляетъ другое обстоятельство, постоянно возбуждающее образованіе теченій.

Разность плотностей въ морской водѣ на тѣхъ же самыхъ уровенныхъ поверхностяхъ разныхъ глубинъ обусловливаетъ и разность давленій на нихъ. Разность плотностей происходитъ отъ многихъ условій, постоянно дѣйствующихъ въ океанѣ, а именно: температуры воды, ея солености, испаренія, атмосферныхъ осадковъ, таянія льдовъ.

в)—Разности атмосфернаго давленія хотя и дѣйствуютъ извнѣ океана, но производятъ также разности давленій въ массѣ водъ океана и тѣмъ самымъ возбуждаютъ теченія.

II.—Ко *вторичнымъ* условіямъ, вліяющимъ на возбужденныя первичными причинами движенія воды, относится цѣлый рядъ обстоятельствъ, существующихъ въ природѣ.

Прежде всего важное условіе непрерывности движеній водныхъ массъ, такъ какъ всякое малѣйшее передвиженіе какой-либо водной частицы влечетъ за собою движеніе и сосѣднихъ частицъ (вода почти не сжимаема). Это обстоятельство въ совокупности съ вліяніемъ формы и очертаній береговъ и подводнаго рельефа и ихъ расположенія относительно вѣтра и теченія вносятъ рядъ измѣненій въ послѣднія и обусловливаютъ появленіе компенсаціонныхъ (вознаграждающихъ) теченій.

Въ свою очередь внутреннее треніе (не молекулярное) и уклоняющая сила отъ вращенія земли на оси вносятъ глубокія видоизмѣ-

ненія во всѣ поступательныя движенія воды, отъ какихъ бы причинъ они ни возникали.

Изъ вышесказаннаго, напримѣръ, вовсе не слѣдуетъ однако, что вѣтеръ есть всегда главнѣйшая причина всѣхъ теченій; въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ необходимо разобрать всѣ условія и придать каждому условію соотвѣтственное значеніе, для того, чтобы найти главную причину теченія.

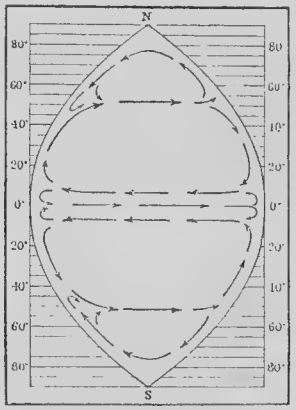
Однако, совмѣстное разсмотрѣніе обзорной карты теченій (фиг. 197—198, стр. 488) и картъ воздушныхъ теченій надъ двумя океанами для двухъ крайнихъ временъ года, помѣщенныхъ далѣе (фиг. 199—200, стр. 491 и 233—234, стр. 538), приводитъ къ неизбѣжному выводу о большомъ сходствѣ среднихъ движеній воднаго и воздушнаго океановъ.

Все это еще разъ подтверждаетъ большое значеніе вѣтровъ, какъ одной изъ причинъ теченій.

Общая схема теченій океановъ. — Причины, обусловливающія возникновеніе океаническихъ теченій, одинаковы для всѣхъ трехъ главныхъ частей Мірового океана, а потому и системы теченій, наблюдаемыя въ Тихомъ, Атлантическомъ и Индійскомъ океанахъ, въ общемъ сходны между собою, существующія же различія объясняются мѣстными условіями.

Слѣдовательно можно составить общую схему теченій океана, которая въ главныхъ, важнѣйшихъ, чертахъ будетъ справедлива для каждаго океана.

Предположимъ, что океанъ занимаетъ по экватору 90°, и берега его образованы двумя меридіанами, какъ это представлено на чертежѣ (фиг. 196).



Фиг. 196. Схема океаническихъ теченій.

Въ тропической полосѣ по обѣ стороны экватора съ востока на западъ идутъ два экваторіальныхъ теченія, между которыми въ обратномъ направленіи, на востокъ, идетъ экваторіальное противотеченіе. Въ полосахъ океана, лежащихъ между экваторомъ и параллелями 50° с. и ю. ш., образуется по круговороту. Экваторіальныя теченія, подойдя къ западнымъ берегамъ, отчасти даютъ начало противотеченію между ними, а главнымъ образомъ заво-

рачиваютъ къ сѣверу и къ югу и идутъ вдоль береговъ до 50-й параллели, гдѣ, постепенно уклоняясь къ востоку, въ этомъ направленіи вторично пересѣкаютъ океанъ и, подойдя къ его восточнымъ берегамъ, главнымъ образомъ заворачиваютъ къ экватору и текутъ вдоль береговъ, пока не замкнутъ круговорота, слившись съ экваторіальными теченіями.

Другая часть поперечныхъ теченій 50-хъ параллелей у восточныхъ береговъ поворачиваетъ къ полярнымъ областямъ и образуетъ круговороты меньшаго размѣра.

Мѣстныя особенности каждаго изъ океановъ вносятъ измѣненія въ эту схему, тѣмъ самымъ указывая на значеніе вліянія очертаній береговъ на теченія. Особенно значительныя видоизмѣненія получаетъ эта схема въ южномъ полушаріи, гдѣ къ югу отъ 55° ш. никакихъ береговъ меридіональнаго направленія не существуетъ. Также и въ сѣверной половинѣ Индійскаго океана и азіатско-австралійской части Тихаго ок. мѣстныя причины (періодическая смѣна вѣтровъ) совершенно измѣняютъ характеръ теченій.

Описаніе теченій океановъ.

Атлантическій океанъ.—Теченія Атлантическаго ок., для удобства ихъ описанія, могутъ быть раздѣлены на четыре отдѣла, а именно на теченія: тропической полосы, сѣверной половины океана, южной половины океана и теченія морей.

Обзорная карта теченій Мірового океана (фиг. 197—198, стр. 488—489) даетъ общую картину теченій.

I.—*Теченія тропической полосы Атлантическаго ок. — Южное Экваторіальное теченіе* или дрейфовое теченіе SE пассата начинается почти отъ береговъ Африки широкою полосою около 10° ширины. Южная граница теченія мало опредѣленна, а сѣверная въ началѣ теченія проходитъ около 1° с. ш., по мѣрѣ же движенія къ W *) она все больше

*) Далѣе въ описаніи теченій вездѣ слова: западъ, востокъ, сѣверъ и югъ и ихъ сочетанія обозначены для сокращенія румбами компаса: W, E, N, S; NNE — сѣверо-сѣверо-востокъ, WSW — западъ-юго западъ; SSE — юго-юго-востокъ и т. д. При этомъ надо помнить, что *теченіе всегда идетъ изъ компаса*, т.-е., напр., теченіе NNW значитъ, что теченіе идетъ изъ центра компаса, т.-е. удаляется отъ наблюдателя по направленію къ NNW, иначе говоря, идетъ на сѣверо-сѣверо-западъ. Вѣтеръ же всегда считается обратно—*дующимъ въ компасѣ* и называется *тѣмъ румбомъ, отъ котораго* онъ дуетъ на наблюдателя.

и больше удаляется отъ экватора къ N и у береговъ южной Америки доходитъ до 6°—7° с. ш. Лѣтомъ сѣвернаго полушарія эта граница занимаетъ наиболѣе сѣверное положеніе, а зимою она приближается къ экватору. Южное Экваторіальное теченіе отличается большою устойчивостью *) (80—90%), въ восточной части его скорость меньше, отъ 13 до 25 м.м. въ сутки **), къ W скорость увеличивается, и вообще она больше въ сѣверной части теченія, гдѣ наибольшія скорости доходятъ до 50—55 м.м. за 24 ч. Зимою сѣвернаго полушарія она слабѣе, а лѣтомъ—сильнѣе. Въ началѣ теченіе относительно холодное (въ Авг.—22°, 23°, въ Февр.—27°), а далѣе къ W воды теченія нагрѣваются, и оно становится теплымъ круглый годъ (28°). Колебанія температуры воды на поверхности въ теченіе года въ Гвинейскомъ зал. уже были отмѣчены выше, въ главѣ о температурѣ. Они хорошо видны на картѣ годовыхъ амплитудъ температуры воды, гдѣ въ этомъ мѣстѣ встрѣчаются изоамплитуды въ 5°—6° (см. фиг. 53, стр. 130). Воды относительно низкой температуры приносятся сюда изъ Бенгуельскаго теченія, гдѣ онѣ отчасти появляются отъ поднятія воды съ глубинъ.

Подойдя къ мысу Рокъ, теченіе раздѣляется (особенность Экват. теченія Атлант. ок., результатъ вліянія очертанія береговъ южн. Америки, см. фиг. 194, стр. 479), часть его отклоняется къ югу подъ именемъ Бразильскаго, а главная масса воды идетъ на NW вдоль береговъ южной Америки, принимая названіе:

Гвіанскаго теченія, которое отличается высокою температурою (27°—28°) и значительною скоростью отъ 30 до 60 м.м. въ 24 ч., доходящею лѣтомъ сѣвернаго полушарія до 80—90 м.м. (согласно наблюденію на *Альбіонъ*, 1857 г. въ Авг. скорость дошла до 108 м.м.). Пройдя меридіанъ устья р. Амазонки, сѣверная граница теченія сливается съ южною границею Сѣвернаго экваторіальнаго теченія, а зимою сѣвернаго полушарія это случается и раньше, не доходя до устья Амазонки. Далѣе теченіе входитъ въ Карибское м. и получаетъ новое названіе Карибскаго.

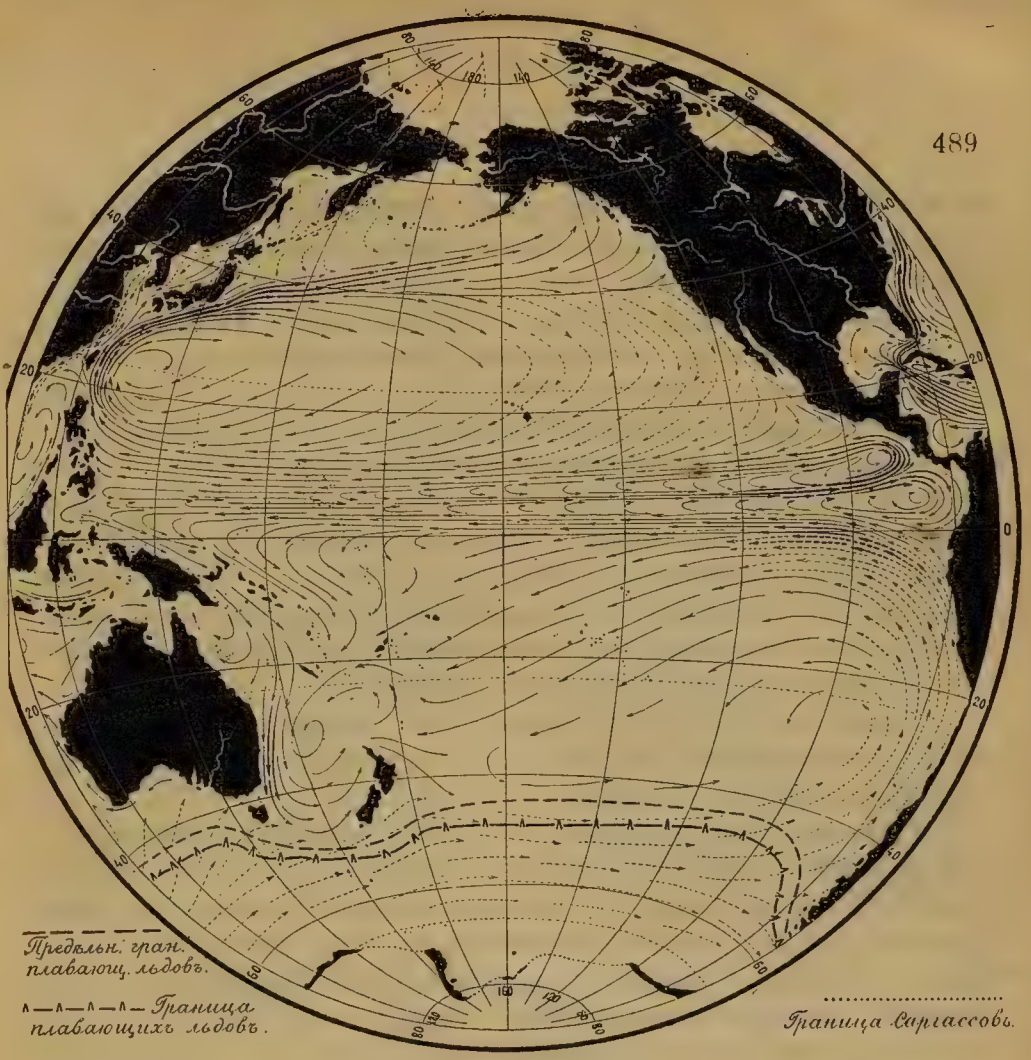
Сѣверное Экваторіальное теченіе или дрейфовое теченіе NE пассата начинается къ W отъ Зеленаго м. (отъ 20° з. д.) и идетъ сперва

*) Объясненіе понятія „устойчивость теченія“ см. стр. 443.

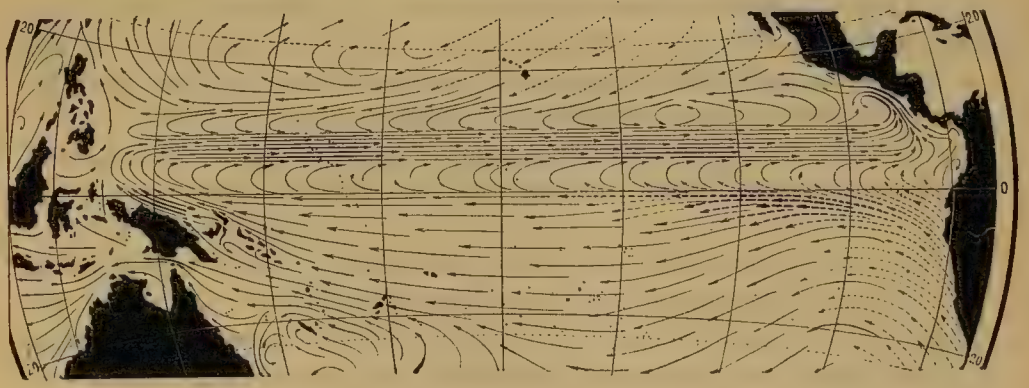
**) Вездѣ далѣе скорости даны въ морскихъ миляхъ и за 24 ч., почему эта цифра и не упоминается больше; во всѣхъ другихъ случаяхъ указано, въ какихъ единицахъ дана скорость и за какой промежутокъ времени.

Фиг. 197. Теченія зимою

Фиг. 198. Теченія лѣтомъ



сѣвернаго полушарія



Сѣвернаго полушарія.

на WSW, потомъ на большомъ протяженіи океана на W, подходя же къ малымъ Антильскимъ о-мъ, оно постепенно уклоняется къ WNW. Теченіе пересѣкаетъ океанъ между 8° и 20°—23° с. ш., его сѣверная граница малоопредѣленна, и скорости теченія къ сѣверу уменьшаются до 8—10 м.м., тогда какъ въ южной части теченія онѣ 15—25 м.м. Зимою сѣвернаго полушарія теченіе сильнѣе, а лѣтомъ — слабѣе. Теченіе въ общемъ гораздо слабѣе Южнаго Экваторіальнаго и мало устойчиво.

Между двумя Экваторіальными теченіями лѣтомъ сѣвернаго полушарія (съ Іюля по Дек.) идетъ на Е замѣтное теченіе, называемое *Экваторіальнымъ противотеченіемъ,* которое въ настоящее время часто называютъ также и *Гвинейскимъ* теченіемъ, потому что оно несомнѣнно образуетъ съ послѣднимъ одно общее цѣлое. Лѣтомъ (сѣв. пол.) Экваторіальное противотеченіе составляетъ естественное начало Гвинейскаго теченія, далѣе идущаго вдоль берега Гвинеи на Е.

Зимою же сѣвернаго полушарія, когда Экваторіальное противотеченіе посреднѣ океана исчезаетъ, его продолженіе — Гвинейское теченіе продолжаетъ существовать.

Передвиженіе по временамъ года полосъ пассатовъ и экваторіальной штилевой полосы между ними и измѣненія ширины послѣдней, какъ это видно на картахъ вѣтровъ, для середины зимы и лѣта сказывается и на Экваторіальномъ противотеченіи. Оно занимаетъ наиболѣе широкую и длинную полосу океана лѣтомъ сѣвернаго полушарія, когда штилевая полоса шире, особенно у Африки. (См. фиг. 199 — 200, стр. 491). Экваторіальное противотеченіе уноситъ къ востоку воды океана, распрѣсненныя дождями, выпадающими въ штилевой полосѣ.

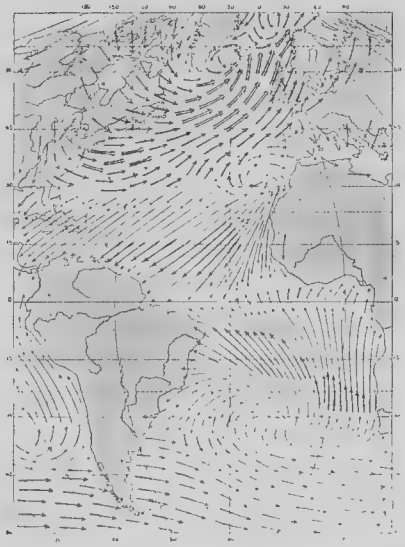
Скорость Экваторіальнаго противотеченія или, что то же самое, западной части Гвинейскаго теченія, довольно значительна, отъ 10 до 30 и 40 м.м.; скорость же въ той части теченія, которая идетъ по Гвинейскому зал., еще больше, около 20—40 и даже 50 м.м.

Это теченіе теплое (28°), и только въ Августѣ въ Гвинейскомъ зал. встрѣчаются болѣе низкія температуры (22°—24°).

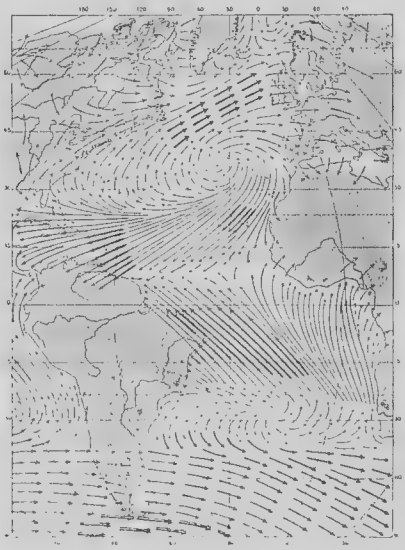
Теченія тропической полосы океана, какъ только-что указано, въ значительной степени находятся въ зависимости отъ вѣтровъ и являются потому вѣтровыми (дрейфовыми) теченіями по преимуществу, какъ это хорошо видно изъ сравненія приложенныхъ здѣсь картъ вѣтровъ (фиг.

199—200) за два крайнія времени года, съ обзорными картами теченій для зимы и для лѣта (фиг. 197—198, стр. 489).

Зимою NE пассатъ сильнѣе (5—6 балловъ по шкалѣ Бофорта), и его полоса въ западной части океана спускается до экватора (фиг. 199),



Фиг. 199. Вѣтры зимою сѣв. пол.



Фиг. 200. Вѣтры лѣтомъ сѣв. пол.

Короткія и тонкія стрѣлки соотвѣтствуютъ скорости вѣтра менѣе 3 балловъ по Бофорту; тонкія длинныя—3 4,5 балловъ; утолщенныя—4,5—6 балловъ; двойныя—болѣе 6 балловъ.

поэтому и Сѣверное Экваторіальное теченіе въ это время года отличается бо̀льшими скоростями и большею устойчивостью. Въ то же время SE пассатъ въ южномъ полушаріи слабѣе (4 балла по Бофорту), и Южное Экваторіальное теченіе тоже слабѣе и менѣе устойчиво.

Лѣтомъ сѣвернаго полушарія обратно: NE пассатъ (фиг. 200) на большомъ протяженіи посредѝнѣ океана слабъ (4—5 балловъ); потому и Сѣверное Экваторіальное теченіе менѣе устойчиво и имѣетъ меньшія скорости. SE пассатъ въ эту часть года сильнѣе (5—6 балловъ) и устойчивѣе, потому и Южное Экваторіальное теченіе тоже устойчивѣе и обладаетъ бо̀льшими скоростями; это сказывается также и на его продолженіи—Гвіанскомъ теченіи.

Значительное расширеніе штилевой полосы лѣтомъ сѣвернаго полушарія (фиг. 199—200), а также распространеніе области SW мус-

сопа въ восточной части океана не только на полосу между экваторомъ и Гвинеей, а и дальше (до 12° с. ш.), между 30° з. д. и Африкою, обусловливаетъ увеличеніе силы Гвинейскаго теченія и образованіе въ полосѣ между 10°—5° с. ш., посреди океана, Экваторіальнаго противотеченія, составляющаго какъ бы начало Гвинейскаго теченія.

Наконецъ существуетъ, повидимому, еще и разность плотностей, особенно сильная въ этихъ широтахъ, между серединою океана и областью Гвинейскаго зал. и далѣе къ югу, вдоль береговъ Африки, вслѣдствіе чего образуется нѣкоторый уклонъ къ востоку, и возникаетъ побужденіе къ стоку воды къ Гвинейскому заливу, между его сѣвернымъ берегомъ и Южнымъ Экваторіальнымъ теченіемъ. Появленіе значительной разности плотностей воды на поверхности объясняется распредѣленіемъ атмосферныхъ осадковъ. Лѣтомъ сѣвернаго полушарія (Іюль — Сент.) въ штилевой полосѣ, поперекъ всего океана отъ Африки до устья р. Ориноко (между 12°—7° с. ш.), выпадаетъ большое количество осадковъ, а въ то же время все пространство Гвинейскаго зал., узкая область по обѣ стороны вдоль экватора до 30° з. д. и все пространство океана вдоль берега Южной Африки отличаются малымъ количествомъ осадковъ *).

II.—*Теченія сѣверной половины Атлантическаго ок.—Карибское теченіе* создается изъ Гвіанскаго и части Сѣвернаго Экваторіальнаго теченій, которыя проходятъ черезъ проливы между малыми Антильскими о-ми въ Карибское м., гдѣ и занимаютъ всю его поверхность, находясь весь годъ подъ вліяніемъ NE пассата, дующаго тутъ почти отъ Е. Вода теченія, нагрѣтая за долгій путь въ тропикахъ, отличается высокою температурою (фиг. 54, стр. 134) 27°—28°, а въ Августѣ даже и выше. Скорости теченія въ разныхъ мѣстахъ моря доходятъ до 35—50 м.м., и устойчивость теченія велика.

Подойдя къ Юкатанскому проливу (см. карту фиг. 201, стр. 495), гдѣ разстояніе между центральною Америкою и Кубою всего 100 м.м. (180 к.), теченіе суживается, и скорость его, естественно, увеличивается, доходя иногда до 70 м.м., а въ среднемъ до 50 м.м. Выйдя къ сѣверу черезъ проливъ въ обширное пространство Мексиканскаго зал., главная масса теченія сейчасъ же уклоняется вправо (вліяніе непрерывности),

*) Въ эти мѣсяцы выпадаетъ большое количество осадковъ въ Камерунѣ, лежащемъ въ восточномъ углу Гвинейскаго зал., но эти осадки выпадаютъ внутри страны, на подвѣтренныхъ горныхъ склонахъ, а не на поверхности океана въ Гвинейскомъ зал.

вдоль берега Кубы, ко входу во Флоридскій пр. Въ остальной части Мексиканскаго зал. правильныхъ теченій нѣтъ.

Другая часть Сѣвернаго Экваторіальнаго теченія, не проходящая проливами между малыми Антильскими о-ми въ Карибское м., идетъ на WNW вдоль океанической окраины этихъ, а также и Багамскихъ о-въ подъ названіемъ *Антильскаго* теченія, со скоростью 10—20 м.м. Далѣе она присоединяется къ Гольфстриму по выходѣ послѣдняго изъ пространства между Флоридою и Багамскими о-ми.

Теченіе, выходящее изъ Юкатанскаго пр. и заворачивающее въ Мексиканскомъ зал. къ востоку вдоль берега Кубы, даетъ немного далѣе начало одному изъ самыхъ могучихъ теченій океана—*Гольфстриму* *), который своимъ вліяніемъ обусловливаетъ весьма многія явленія на поверхности сѣверной половины океана и, между прочимъ, распредѣленіе температуры воды, солености и плавучихъ льдовъ (см. фиг. 41, стр. 92 и фиг. 54, стр. 134).

Гольфстримъ, въ сущности, начинается тамъ, гдѣ онъ вступаетъ въ узкость Флоридскаго пр. на 84° з. д.

Въ этомъ мѣстѣ проходитъ 5-е сѣченіе наблюденій лейт. американскаго флота Пильсбёри, произведшаго въ 1885—1889 гг. наиболѣе обстоятельныя изслѣдованія Гольфстрима на суднѣ *Blake*. Приложенная здѣсь карта (фиг. 201) Флоридскаго пр. показываетъ рельефъ дна и линіи, вдоль которыхъ были тогда произведены наблюденія на поверхности и на различныхъ глубинахъ; немного далѣе приведены разрѣзы пролива въ самомъ его узкомъ мѣстѣ Фоуей Рокъ—Гёнъ Кэй съ результатами наблюденій Пильсбёри (стр. 495).

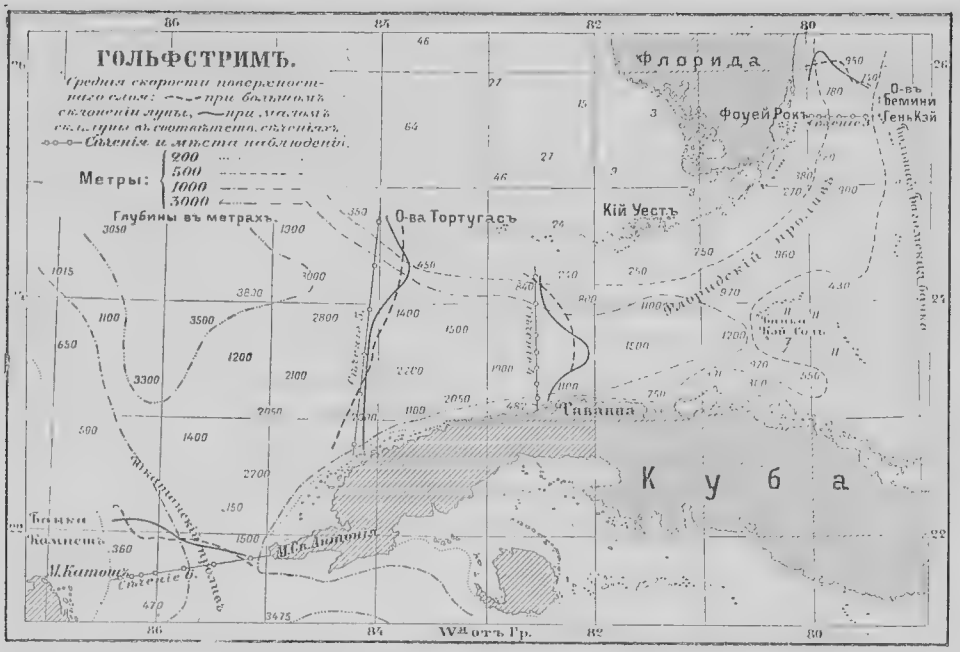
Поворотъ теченія по выходѣ его изъ Юкатанскаго пр. вправо обусловливается не только уклоняющею силою отъ вращенія земли, но еще и условіемъ *непрерывности* теченій. Постоянный отток воды изъ Мексиканскаго зал. черезъ Флоридскій пр. въ океанъ увлекаетъ за собою массу воды; естественно, что ее и замѣщаетъ теченіе, выходящее изъ Юкатанскаго пр. и обладающее значительною скоростью. Въ этомъ мѣстѣ (сѣченіе 5-е, фиг. 201) ширина пролива между изобатами въ 200 м. около 125 м.м. (230 к.), и потому здѣсь скорость теченія меньше, нежели въ Юкатанскомъ пр. Въ своемъ дальнѣйшемъ движеніи на востокъ теченіе встрѣчаетъ преграду—Большую Багамскую банку, на которой

*) Во многихъ русскихъ трудахъ названіе этого теченія передается совершенно неправильно. Оно получило свое названіе на англійскомъ языкѣ—*Gulfstream*, что вполнѣ точно передается по-русски — Гольфстримъ, а не Гольфштромъ или Гольфштремъ или Гольфстремъ.

стоитъ архипелагъ того же имени; это обстоятельство заставляетъ теченіе поворачивать влѣво на 90°, и оно, идя уже на N, вступаетъ въ самую узкую часть Флоридскаго пр., гдѣ по линіи между маякомъ Фоуей Рокъ и рифомъ Гёнъ Кэй и были произведены лейт. Пильсбёри тщательныя изслѣдованія въ 1888 и 1889 гг. Ширина пролива между изобатами въ 200 м. здѣсь всего 39 м.м. (72 к.), а глубина около 700 м. (300 м. с.); у Флориды уклонъ берега положе, но, несмотря на то, наибольшія скорости теченіе имѣетъ именно ближе къ флоридскому берегу. На чертежѣ (фиг. 202) проведены линіи равныхъ скоростей въ среднемъ выводѣ изъ всѣхъ наблюденій Пильсбёри; наибольшая скорость 80 м.м. или 3,3 м.м. въ 1 ч. или 6,2 к. въ 1 ч. встрѣчается въ поверхностномъ слоѣ всего въ 10—14 миляхъ (19—22 к.) отъ Флориды. Случается, что наибольшая скорость въ этомъ мѣстѣ доходитъ до ***120 м.м.*** (222 к.) въ сутки или 5 м.м. = 9,2 к. въ 1 ч. (2,57 метра въ 1 с.). Для сравненія можно указать, что Нева у Петрограда имѣетъ скорость теченія 5,8 к. въ 1 ч.; 1,6 метра въ 1 сек. или 79 морск. миль въ 24 ч.; при этомъ ширина Невы всего около 0,75 кил. и глубина—9 м.; тогда какъ Гольфстримъ у Фоуей Рокъ, т.-е. тамъ, гдѣ теченіе всего уже, имѣетъ 39 м.м. = 76 к. ширины и 700 м. глубины. На половинѣ глубины пролива скорость теченія тоже около половины ея величины на поверхности. По вычисленію Пильсбёри, теченіе въ часъ несетъ около 90.000 милліоновъ тоннъ (англ.) воды или около 91.000 милліона метрическихъ тоннъ. Для сравненія приводимъ расходъ Невы въ часъ, составляющій всего около 12 милліоновъ метрическихъ тоннъ, т.-е. около 1 : 76.000 доли расхода Гольфстрима во Флоридскомъ пр. По выходѣ въ океанъ масса его воды еще значительно увеличивается присоединеніемъ Антильскаго теченія, какъ это указано ниже; все это даетъ нѣкоторое представленіе о значеніи и величинѣ теченія Гольфстрима.

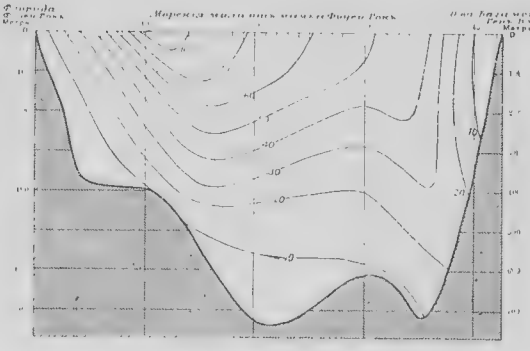
Температура теченія тоже очень высока; какъ это видно на чертежѣ (фиг. 203), слой воды въ 150 м. отъ поверхности имѣетъ температуру выше 20°, на 400 м. глубины въ среднемъ еще 10°, и въ самыхъ глубокихъ слояхъ температура еще 7°. Солепость на поверхности 36,5‰ *).

*) Изслѣдованія Пильсбёри выяснили существованіе большой связи между скоростями Гольфстрима на всѣхъ глубинахъ и склоненіемъ луны; именно, при маломъ склоненіи теченіе суживается, и скорости возрастаютъ; а при большомъ склоненіи теченіе расширяется, и скорости убываютъ. Есть и суточныя измѣненія въ связи съ прохожденіемъ луны черезъ меридіанъ.

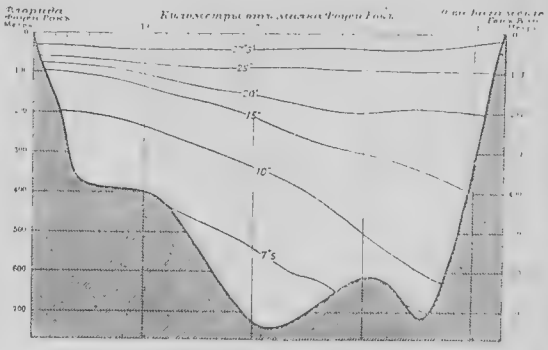


Фиг. 201. Рельефъ дна въ началѣ Гольфстрима.

По выходѣ Гольфстрима въ океанъ къ нему съ правой стороны присоединяется Антильское теченіе, значительно большее по своему объему (75%), нежели собственно Гольфстримъ (25%). Эта большая масса водъ Антильскаго теченія, высокой температуры и большой солености, пригоняется сюда вѣтрами, особенно въ лѣтнюю половину года сѣвернаго полушарія (см. карту фиг. 198, стр. 488), и ей-то главнымъ



Фиг. 202. Скорости въ Гольфстримѣ.



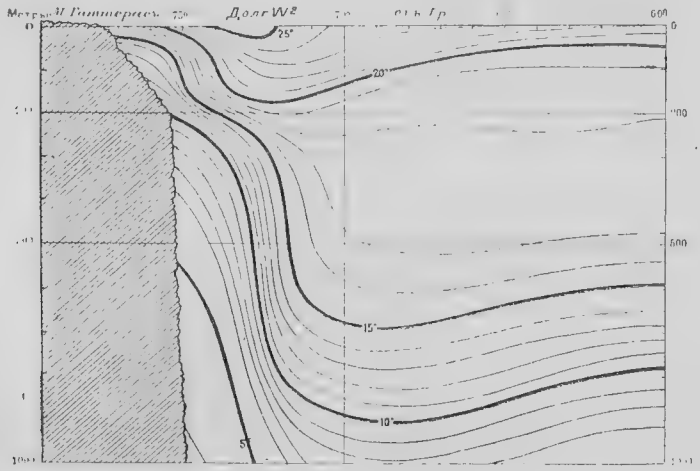
Фиг. 203. Температуры въ Гольфстримѣ.

образомъ и обязаны дальнѣйшія развѣтвленія Гольфстрима тѣмъ вліяніемъ, какое они оказываютъ на разныя физико-географическія явленія сѣверо-западной Европы и окружающихъ ее водъ.

Выйдя изъ Флоридскаго пр., Гольфстримъ все время идетъ вдоль окраины материковой отмели Америки, проходя надъ значительными глубинами крутого материковаго склона (см. карту глубинъ, фиг. 16, стр. 34), что̀ объясняется большою мощностью теченія, вся толща коего своею нижнею границею лежитъ гораздо глубже окраины материковой отмели.

Западный, американскій край теченія рѣзко отграниченъ отъ прибрежной полосы воды, отличающейся значительно меньшими температурами, и потому получившей даже особое названіе «холодной стѣны» (cold-wall). Восточная же окраина Гольфстрима мало опредѣленна, теченіе здѣсь постепенно переходитъ въ область Саргассоваго моря, безъ опредѣленныхъ движеній воды (см. карту плаваній остатковъ судовъ (фиг. 174, стр. 431) и карту плаваній бутылокъ (фиг. 169, стр. 425). Вообще, чѣмъ дальше отъ Флоридскаго пр., тѣмъ ширина Гольфстрима становится больше.

Между Гольфстримомъ и берегомъ Америки, какъ сказано выше, лежитъ полоса холодной воды, хорошо видная на поперечномъ разрѣзѣ теченія по параллели мыса Гаттераса (фиг. 204); между Гольфстримомъ и берегомъ проходитъ слой изотермобатъ, расположенныхъ почти вертикально, съ температурами на 10—15° ниже температуры Гольфстрима.



Фиг. 204. Сѣченіе Гольфстрима по параллели м. Гаттераса

Такой изгибъ изотермобатъ указываетъ на выступаніе здѣсь холодной воды съ большихъ глубинъ океана, обусловленное вліяніемъ вѣтровъ, согласно дрейфовой теоріи Экмана (см. стр. 475). Разрѣзъ показываетъ, что теченіе, пройдя даже 10° по меридіану (выходъ изъ Флоридск. пр. 26° с. ш., мысъ Гаттерасъ 36° с. ш.), сохраняетъ свою большую мощность, простираясь до глубинъ въ 600—700 м. и занимая на поверхности большее протяженіе по параллели (около 120 м.м., т.-е. въ 3,3 раза больше, нежели во Флоридскомъ пр.), чему, конечно, способствуетъ въ значительной степени присоединеніе къ нему Антильскаго теченія.

Скорость теченія тоже убываетъ къ сѣверу; отъ Флориды до м. Гаттераса средняя скорость около 45—50 м.м., доходя иногда до 60—70—90 м.м.; далѣе скорость уменьшается и перестаетъ быть правильною, среди теченія появляются полосы съ меньшими и бо́льшими скоростями, и наконецъ, за меридіаномъ 70° з. д., средняя скорость всего около 25 — 35 м.м., а вмѣстѣ съ тѣмъ ширина теченія увеличивается и на 50° з. д. достигаетъ приблизительно 350 м.м.

Начиная отъ Флоридскаго пр., среди теченія замѣчаются болѣе теплыя и болѣе холодныя полосы, но сперва разница между ними не превосходитъ 2°—3°; эти разности температуръ, вѣроятно, обусловлены различными скоростями въ полосахъ теченія или смѣшеніемъ съ водами Антильскаго теченія. Далѣе къ сѣверу разности въ температурахъ полосъ могутъ увеличиваться также и вслѣдствіе встрѣчи съ холодными теченіями (теч. Кабота изъ зал. Св. Лаврентія и теч. Лабрадорскаго).

Гольфстримъ, идя по окраинѣ материковой отмели и слѣдуя за ея поворотомъ, на параллели Нью-Іорка (40° с. ш.) самъ уклоняется къ востоку и въ этомъ направленіи идетъ до восточной оконечности Ньюфаундлендской банки. Здѣсь теченіе выходитъ въ открытый океанъ, и на 40° з. д., въ сущности, находится крайній восточный предѣлъ собственно Гольфстрима. Къ востоку отъ меридіана 40° з. д. скорость теченія становится въ среднемъ всего около 15 м.м., и теченіе не имѣетъ уже вліянія на пути современныхъ паровыхъ судовъ, сохраняя однако все свое физико-географическое значеніе.

Только-что́ разсмотрѣнный путь Гольфстрима отъ Флориды до Ньюфаундлендской банки хорошо выраженъ на картѣ плаваній остатковъ судовъ (фиг. 174, стр. 431), гдѣ ихъ скорости показаны на путяхъ цифрами, въ скобкахъ. Тамъ, несмотря на всѣ колебанія, видно, что скорости постепенно уменьшаются къ востоку.

О причинахъ, возбуждающихъ и поддерживающихъ Гольфстримъ, было высказано много предположеній. Указывали на разность уровней между Мексиканскимъ зал. и океаномъ, какъ на главнѣйшую причину Гольфстрима, при чемъ причину образованія разности уровней видѣли въ излишкѣ воды, изливаемой р. Миссисипи, и въ выпадающихъ осадкахъ. Приблизительный подсчетъ этихъ двухъ причинъ повышенія уровня показалъ, что ихъ сумма должна быть близка къ количеству воды, испаряющейся съ поверхности залива.

Разность давленій атмосферы подъ Мексиканскимъ пр. и океаномъ, конечно, оказываетъ нѣкоторое вліяніе, но оно, вслѣдствіе частыхъ перемѣнъ давленія, не можетъ быть важною причиною возникновенія теченія (см. стр. 481).

Другою причиною болѣе высокаго положенія уровня въ Мексиканскомъ зал. можетъ быть разность плотностей во всей толщѣ водъ въ заливѣ и въ рядомъ лежащей части океана; однако, по подсчету это предположеніе оказывается не обоснованнымъ и потому не могущимъ объяснить возникновеніе теченія во Флоридскомъ пр.

Такимъ образомъ остается наиболѣе вѣроятнымъ предположеніе, высказанное еще Франклиномъ, что въ Карибскомъ м. образуется нагонъ воды, обусловливаемый какъ обоими Экваторіальными теченіями, такъ и непосредственно дѣйствіемъ NE пассата, дующаго весь годъ въ Карибскомъ м. почти прямо отъ E; результатомъ чего и является сплошное движеніе водъ всего моря на поверхности къ W, къ единственному выходу черезъ Юкатанскій и Флоридскій проливы въ океанъ. Образованіе столь сильнаго теченія есть результатъ сочетанія многихъ причинъ, при чемъ очертаніе береговъ и взаимное расположеніе господствующихъ вѣтровъ и береговъ вмѣстѣ съ непосредственнымъ вліяніемъ вѣтра и суть главныя причины возникновенія Гольфстрима.

Такимъ образомъ Гольфстримъ не чисто-дрейфовое теченіе, а теченіе сточное, обусловленное кромѣ вѣтра еще многими условіями, почему и глубина его несравненно больше той, какая наблюдается въ теченіяхъ, приближающихся по своему типу къ чисто-дрейфовымъ, какъ, напримѣръ, экваторіальныя теченія (около 150—200 м. глубиною).

Къ востоку отъ 40° з. д. въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. замѣчается движеніе поверхностной воды къ Европѣ съ небольшими скоростями въ 10—20 м.м., поддерживаемое господствующими въ умѣренной

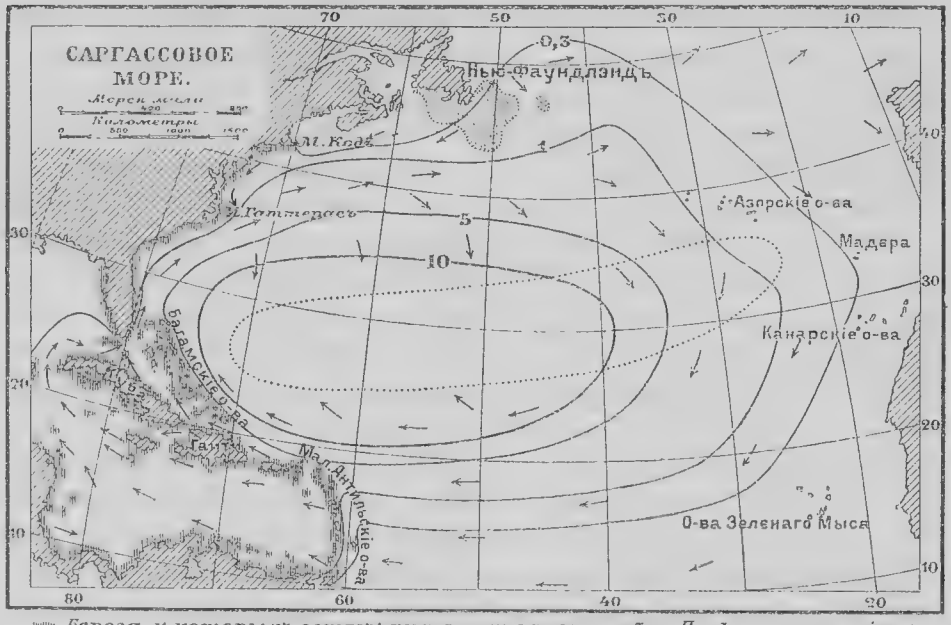
полосѣ океана W и SW вѣтрами (фиг. 199—200, стр. 491). Это теченіе хотя и имѣетъ тѣсную связь съ Гольфстримомъ, но въ немъ участвуютъ также воды и изъ другихъ частей океана, почему всю эту совокупность движенія водъ къ востоку называютъ или *дрейфомъ Гольфстрима* или *Атлантическимъ теченіемъ;* въ послѣдніе годы послѣднее названіе получило большое распространеніе.

Атлантическое теченіе, южная граница коего идетъ приблизительно по 40° с. ш., имѣетъ между Ньюфаундлендомъ и Ламаншемъ среднюю скорость около 12—15 м.м. Отъ его южнаго края постепенно отдѣляется обширная масса воды, образующая SE развѣтвленіе теченія, омывающее архипелагъ Азорскихъ о-въ (см. фиг. 167, стр. 422, карта плаванія поплавковъ принца Монакскаго). Далѣе оно называется *Съверо-Африканскимъ* или *Канарскимъ* теченіемъ (средніи скорости 3—13 м.м.), несущимъ относительно охлажденную воду, по сравненію съ температурами, которыя соотвѣтствовали бы широтамъ, гдѣ оно проходитъ (вся область океана, занятая Канарскимъ теченіемъ, холоднѣе нормальной температуры на 2°, 3° и 4°. Въ среднемъ годовомъ выводѣ здѣсь на поверхности около 20°. См. фиг. 54, стр. 134). Канарское теченіе, заворачивая къ SW, дастъ начало Сѣверному Экваторіальному теченію и вмѣстѣ съ тѣмъ оно замыкаетъ круговоротъ водъ сѣверной половины океана.

Внутри этого круговорота не наблюдается какихъ-либо опредѣленныхъ теченій, а только случайныя, но зато это пространство отличается особенностью, не встрѣчаемою нигдѣ болѣе въ Міровомъ океанѣ. Область океана, охваченная кольцомъ теченій, имѣетъ овальную форму, ея большая ось, направленная съ W на E, имѣетъ около 2.000—2.500 м.м. (3.700—4.600 к.), а меньшая, вдоль меридіана—1.000 м.м. (1.850 к.); среди всего этого пространства разбросаны плавающія водоросли въ видѣ острововъ, размѣрами отъ нѣсколькихъ метровъ до иногда нѣсколькихъ сотенъ метровъ. Водоросли приносятся сюда теченіями и вѣтрами. Желтовато-оливковый цвѣтъ скопленій водорослей красиво выдѣляется на густой синевѣ океана, именно въ этихъ мѣстахъ обладающаго особенно чистымъ темно-голубымъ цвѣтомъ. Водоросли принадлежатъ къ виду Sargassum baccifèrum и другимъ разновидностямъ *), откуда и

*) Слово саргассъ—португальскаго происхожденія, оно происходитъ отъ слова *sarga*, что значитъ кусть винограда, а потомъ уже постепенно появилось слово *sargasso*.

все пространство океана, гдѣ онѣ встрѣчаются плавающими на поверхности, получило названіе *Саргассоваго моря*. Водоросли растутъ по сѣвернымъ берегамъ Южной Африки, Вестъ-Индскихъ о-въ и Сѣверной Америки, какъ показано на приложенной картѣ; прибоемъ ихъ отрываетъ отъ корней, а затѣмъ теченія несутъ ихъ въ океанъ. Пока въ стеблях есть пузырьки воздуха, растенія плаваютъ, и среди ихъ скопленій кишитъ богатая фауна; по мѣрѣ гніенія и распаденія тканей, водоросли тонутъ и замѣняются на поверхности вновь принесенными.



Берега у которыхъ встрѣчаются саргассы. —5— Цифры на линіяхъ обозначаютъ вѣроятность встрѣчи судномъ саргассовъ на площади одноградусной трапеціи. Положеніе области высокаго давленія атмосферы лѣтомъ сѣв. полушарія. →Направленіе океаническ. теченій.

Фиг. 205. Саргассовое море по О Крюммелю.

На картѣ Саргассоваго м. (фиг. 205), здѣсь приложенной, проведены линіи одинаковыхъ вѣроятностей встрѣчи саргассовъ въ предѣлахъ поверхности одноградуснаго квадрата (11.000 кв. кил.), выраженныя въ процентахъ. Саргассовое море довольно близко совпадаетъ съ областью наибольшей солености на поверхности океана и областью высокаго давленія въ атмосферѣ, показанною на картѣ пунктиромъ (такъ называемою Азорскою обл. высокаго давленія).

На картѣ плавающихъ остатковъ судовъ (фиг. 174, стр. 431) пути шхуны *Fanny Wolston* и барка *Telemach* очень хорошо обрисовываютъ окраины Саргассова моря.

Возвращаясь къ Атлантическому теченію, надо указать, что большая часть его, по мѣрѣ приближенія къ Европѣ, постепенно принимаетъ NE направленіе. На параллели Ирландіи отъ теченія, съ лѣвой его стороны, отдѣляется вѣтвь къ южному берегу Исландіи, называемая теченіемъ *Ирмингера*. Оно частью огибаетъ SW берегъ Исландіи, а главнымъ образомъ уклоняется отъ него къ SW и огибаетъ въ нѣкоторомъ разстояніи южную оконечность Гренландіи м. Фэреуель. Далѣе это теченіе поднимается къ сѣверу въ Девисовомъ пр., образуя въ Баффиновомъ м. теплое *Западно-Гренландское* теченіе. Между этимъ теченіемъ и берегомъ Гренландіи идетъ холодное Восточно-Гренландское теченіе. Западно-Гренландское теченіе пересѣкаетъ Баффиново м. и, спустившись къ югу, замыкаетъ круговоротъ теплой воды, существующій между Ньюфаундлендомъ, Гренландіей и Исландіей (см. фиг. 197, стр. 488). Скорости теченія Ирмингера очень незначительны (2.5 м.м.) *).

Главная часть *Атлантическаго* теченія, принявъ NE направленіе, идетъ къ западу отъ Ирландіи (отчего иногда ее называютъ Ирландскимъ теченіемъ) къ широкому проливу между Исландіей и Шотландіей, гдѣ, какъ извѣстно, проходитъ подводная возвышенность (стр. 33), на которой стоятъ Фарёрскіе о-ва. Подводный рельефъ этого пространства изображенъ на карточкѣ (фиг. 208, стр. 505), прилагаемой далѣе; на ней видно, что вдоль всей подводной гряды глубины вездѣ менѣе 500 м. (273 м. с.). Эта подводная гряда имѣетъ наименьшую ширину между Фарёрскими о-ми и Шотландіей (здѣсь она называется порогомъ Уайвиль Томсона); въ этомъ мѣстѣ съ сѣвера въ нее врѣзывается глубокій каналъ (болѣе 1.000 м.). Здѣсь разстояніе между изобатами въ 1.000 м., проходящими къ сѣверу и югу отъ гряды, всего 39 м.м. (72 к.) **); и вотъ эта-то узкая преграда и есть причина полнаго разобщенія на

*) Въ 1786 г. около м. Фэреуель былъ найденъ плавающимъ въ морѣ кусокъ ствола краснаго дерева. Другой стволъ краснаго дерева принесло къ о-ву Диско въ Баффиновомъ м., гдѣ изъ него былъ сдѣланъ столъ для губернатора датскихъ колоній въ Восточной Гренландіи. Несомнѣнно, что они были принесены теченіями Ирмингера и Зап.-Гренландскимъ.

**) По другую сторону Исландіи въ Датскомъ пр. глубины тоже не больше 600 м.

глубинахъ полярныхъ водъ Сѣверно-Европейскаго м. отъ лежащихъ рядомъ къ югу водъ глубокаго бассейна Атлантическаго океана.

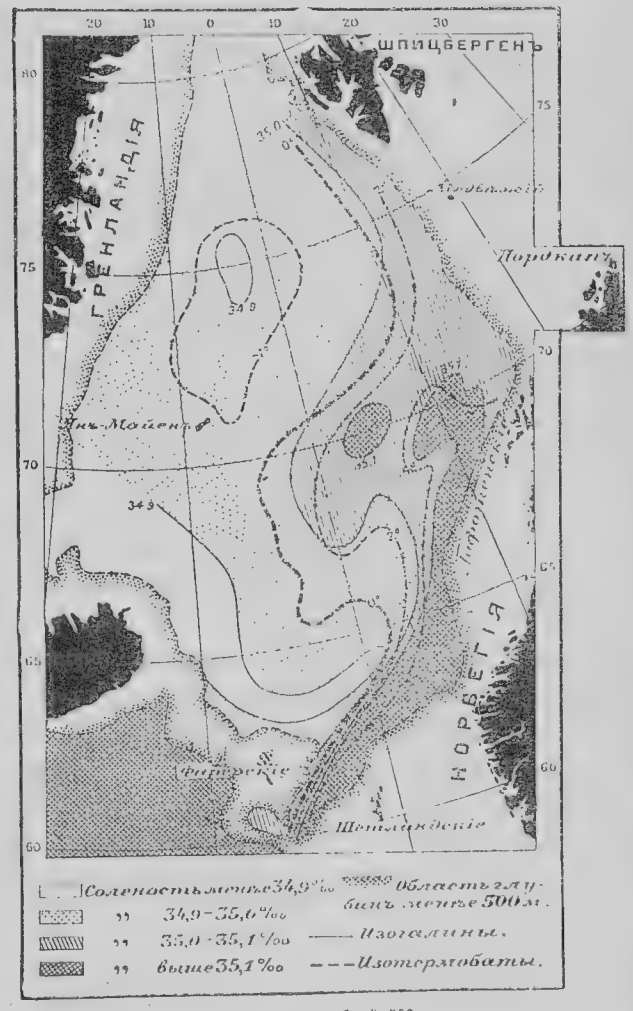
Атлантическое теченіе (NE вѣтвь Гольфстрима по прежнему обозначенію), несущее воду солености 35,0—35,35‰ и температуры отъ 8° (Февр.) до 13°—15° (Авг.), входитъ въ область Сѣверно-Европейскаго м. тремя путями: незначительною струею къ западу отъ Исландіи (вѣтвь теченія Ирмингера), затѣмъ между Исландіей и Фарёрскими о-ми и между послѣдними и Шотландіей, и такъ какъ глубины въ этихъ проливахъ менѣе 500 м., то только такой толщины слой воды и можетъ проходить изъ Атлантическаго ок. въ Сѣверно-Европейское м. Атлантическое теченіе идетъ главнымъ образомъ между Фарёрскими о-ми и Шотландіей полосою около 100 м.м. (185 к.) ширины (см. карту фиг. 208, стр. 505). Этимъ путемъ вносится ежегодно въ Сѣверно-Европейское м. около 140.000 куб. клл. (1,5 милл. куб. метр. въ сек.) теплой (около 5°—12°) и соленой (около 35,0—35,35‰) воды.

Атлантическое теченіе *), вступивъ въ Сѣверно-Европейское м., все время идетъ полосою вдоль окраины материковаго склона Норвегіи, какъ это хорошо видно на прилагаемой карточкѣ (фиг. 206). На ней изображена картина теченія для изобаты въ 500 м. (273 м. с.), т.-е. для глубины, соотвѣтствующей порогу Уайвиль Томсона; на картѣ нанесены изотермобаты и изогалины на 500 м. глубины, а все пространство материковаго склона до глубины 500 м. оставлено бѣлымъ (суша залита чернымъ). На картѣ видно, что на этой глубинѣ подводная гряда Исландія—Шотландія (а также Исландія—Гренландія) совершенно отдѣляетъ другъ отъ друга воды Атлантическаго ок. и Сѣверно-Европейскаго м.

*) Въ прежнее время вся масса теченія, идущаго отъ Ньюфаундленда къ сѣверо-востоку, называлась Гольфстримомъ. Въ настоящее время пришли къ заключенію, что собственно Гольфстримъ оканчивается на 40° з. д., потому что въ дальнѣйшемъ дрейфовомъ теченіи принимаетъ большое участіе вода Антильскаго теченія и вообще атлантическая вода, почему и продолженіе Гольфстрима, въ которомъ его воды несомнѣнно тоже участвуютъ, стали называть Атлант. теченіемъ. Дальнѣйшія развѣтвленія послѣдняго для ясности стали называть: Норвежскимъ, гдѣ оно течетъ вдоль Норвегіи; Шпицбергенскимъ — по зап. сторону Шпицбергена; Нордкапскимъ — между Медвѣжьимъ о-мъ и Нордкапомъ и т. д.

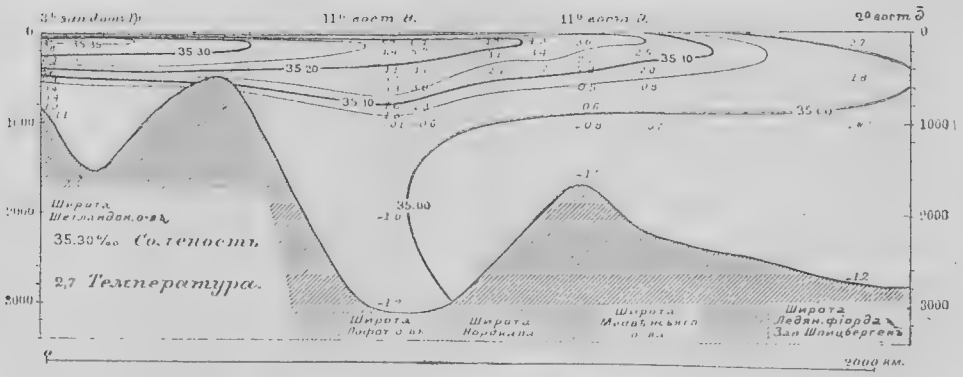
Въ общежитіи же сохранилось за этими теченіями общее названіе—Гольфстримъ; но это не вѣрно, потому что во всѣхъ этихъ отвѣтвленіяхъ если и участвуютъ воды собственно Гольфстрима, то въ небольшомъ количествѣ, и выдѣлить ихъ присутствія нельзя. Всѣ эти отвѣтвленія суть производныя Атлантическаго теченія, охватывающаго большую часть поверхности въ NE части сѣверной половины океана.

Къ югу отъ нея лежатъ теплыя (8°—9°) и соленыя (болѣе 35,25‰) воды, а къ сѣверу—холодныя, ниже 0° и менѣе соленыя (34,9 — 35,0‰) воды. На картѣ видно, что только узкая полоса воды между Фарёрскими и Шетландскими о-ми обладаетъ на этой глубинѣ (500 м.) температурою около 4° и большою соленостью (болѣе 35,1‰), это и есть вода Атлантическаго теченія. Она вращеніемъ земли прижимается вправо къ материковому склону Норвегіи и двигается вдоль него на сѣверъ. На картѣ (фиг. 206) заштрихованная часть (въ клѣтку и вдоль по меридіану) представляетъ полосу, занятую водою (Норвежскаго) Атлантическаго теченія на глубинѣ 500 м.; отъ него во многихъ мѣстахъ отдѣляются вѣтви, образующія нѣсколько круговоротовъ противъ часовой стрѣлки (циклоническихъ),



Фиг. 206. Соленость на глубинѣ 500 метровъ.

занимающія все остальное пространство моря до полосы Восточно-Гренландскаго теченія. Вся область, показанная на картѣ точками, занята водою немного меньшей солености (34,9 — 35,0‰) и низкой температуры (0°, — 1°); эта вода образовывается путемъ охлажденія лучеиспусканіемъ зимою и весною на поверхности водъ Атлантическаго теченія, небольшое же уменьшеніе солености происходитъ отъ смѣшенія съ водою отъ таянія льдовъ и водою полярнаго Восточно-Гренландскаго теченія.

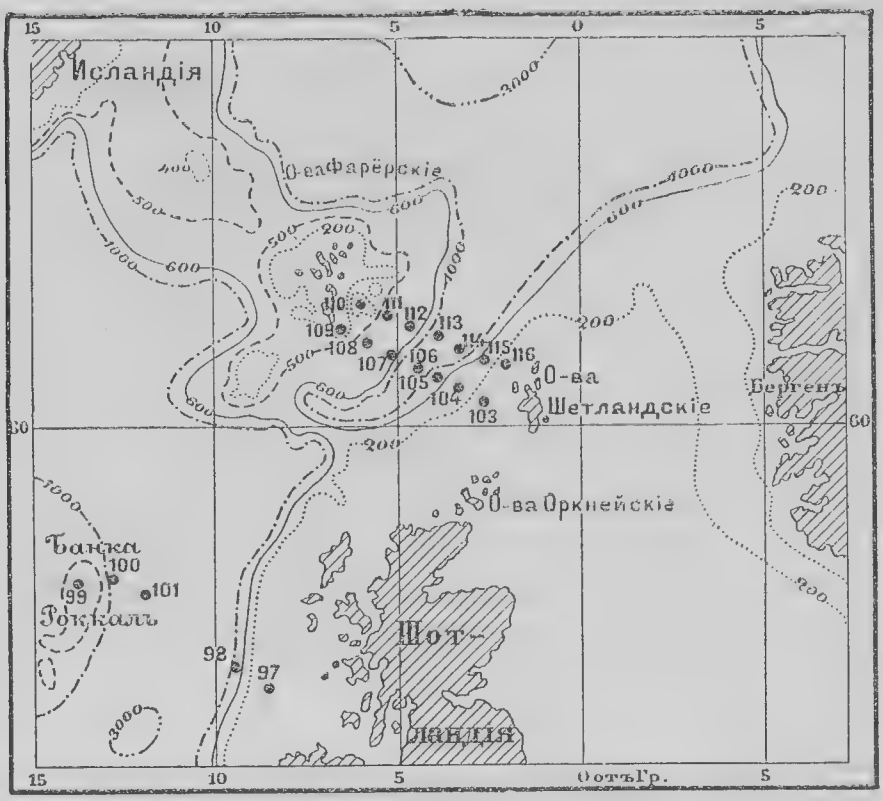


Фиг. 207. Схематическій разрѣзъ вдоль Норвежскаго Атлантическаго теченія. (NE вѣтвь Гольфстрима).

Поверхностныя температуры и солености отъ Шетландскихъ о-въ вдоль береговъ Норвегіи къ Шпицбергену постепенно убываютъ, при чемъ температуры мѣняются быстрѣе. Отъ 12°—10° у Шетландскихъ о-въ въ Августѣ мѣсяцѣ онѣ постепенно доходятъ до 5°—3° къ западу отъ Шпицбергена, а соленость на томъ же протяженіи убываетъ отъ 35,25‰ до 34,8‰. Такое постепенное измѣненіе теченія хорошо видно на прилагаемомъ схематическомъ чертежѣ (фиг. 207), изображающемъ гидрологическій разрѣзъ вдоль середины полосы теченія отъ параллели Шетландскихъ о-въ до Шпицбергена. На разрѣзѣ видно, что теченіе идетъ сперва слоемъ около 600 м. толщины, потомъ слоемъ до 1.000 м., а потомъ снова болѣе тонкимъ слоемъ; при чемъ, начиная съ широты Медвѣжьяго о-ва, тяжелая вода теченія постепенно уходитъ подъ болѣе легкую мѣстную воду, остающуюся на поверхности.

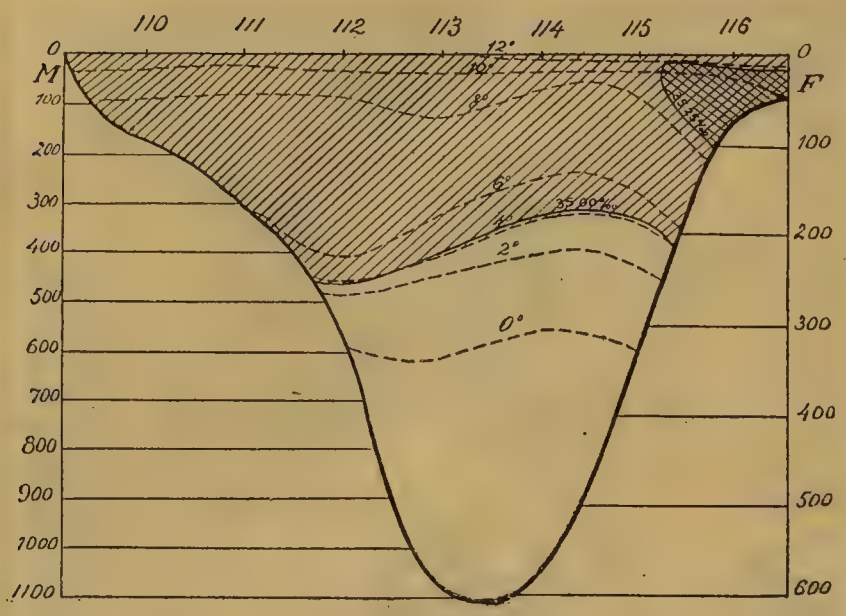
Для того, чтобы получить лучшее представленіе о характерѣ перехода Атлантическаго теченія (по прежнему обозначенію NE вѣтви Гольфстрима) изъ океана въ Сѣверно-Европейское м., ниже даны: карта рельефа дна между Исландіей и Шотландіей, три гидрологическихъ разрѣза, два перпендикулярно Атлантическому теченію, одинъ продольный, и двѣ карты распредѣленія солености на глубинѣ 100 м. въ этой области.

Карта глубинъ (фиг. 208), какъ выше уже было объяснено, показываетъ, насколько не широкъ такъ называемый порогъ Уайвиль Томсопа въ своемъ самомъ узкомъ мѣстѣ. Въ небольшихъ разстояніяхъ отъ него къ сѣверу и къ югу уже встрѣчаются глубины въ 2.000—3.000 м. На картѣ черныя точки съ нумерами показываютъ мѣста океанографическихъ станцій судна *Michael Sars'a* въ 1910 г.; какъ видно, было сдѣлано два ряда наблюденій, образующихъ параллельные гидрологическіе разрѣзы, лежащіе всего въ 20—25 мм. (37—46 к.) другъ отъ друга. Наблюденія были произведены въ короткій промежутокъ одно послѣ другого вдоль обоихъ разрѣзовъ (10—11 Авг. и 11—14 Авг.). Несмотря на все это, какъ видно на слѣдующихъ двухъ чертежахъ (фиг. 209 и 210), гидрологическая картина разрѣзовъ совершенно не похожа одна на другую.

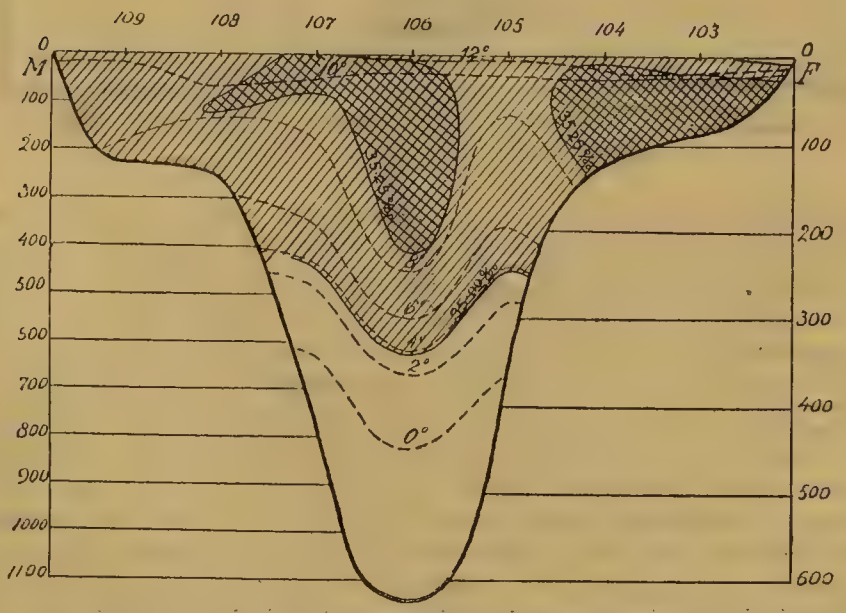


Фиг. 208. Карта рельефа дна около порога Уайвиль Томсона.

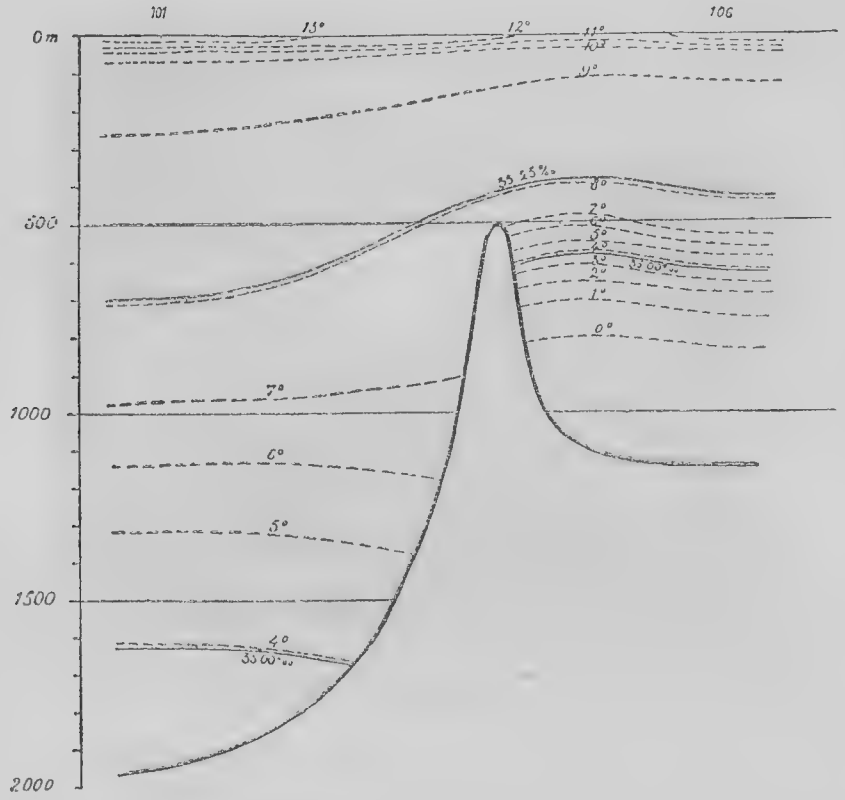
Въ сѣверномъ разрѣзѣ (фиг. 209) какъ изотермобаты, такъ и изогалины расположены почти горизонтально, и вода высокой солености (35,25‰ и выше) встрѣчается только въ правомъ углу разрѣза, около Шетландскихъ о-въ. Въ южномъ сѣченіи (фиг. 210) изотермобаты и изогалины распредѣлены гораздо менѣе правильно и имѣютъ волнообразный видъ. Такъ какъ оба сѣченія расположены къ сѣверу отъ порога Уайвиль Томсона и пересѣкаютъ глубокій (болѣе 1.000 м.) каналъ (см. карту фиг. 208), то внизу (ниже 500 м., т.-е. глубже порога) въ нихъ находится холодная и менѣе соленая вода Сѣверно-Европейскаго м., въ уровень же съ порогомъ проходитъ слой болѣе теплой воды и большой солености. Въ этомъ слоѣ на южномъ разрѣзѣ (фиг. 210) видно два обширныхъ пространства, занятыхъ теплою (болѣе 8°) и соленою (болѣе 35,25‰) водою, одно у Шетландскихъ о-въ, а другое посрединѣ пролива. Расположеніе этихъ двухъ массъ воды, а также и опытъ другихъ подобныхъ же изслѣдованій заставляютъ предположить, что раздѣленіе этихъ массъ, вѣроятно, происходитъ вслѣдствіе существованія здѣсь огромныхъ водоворотовъ съ вертикальною осью, подобныхъ маленькимъ водоворотамъ въ рѣкахъ и ручьяхъ. Можно думать, что между станціями 106 и 105 въ поверхностныхъ слояхъ течетъ къ югу болѣе холодная и менѣе соленая вода (перпендикулярно плоскости разрѣза), а между станціями 106 и 107



Фиг. 209. Сѣверный разрѣзъ между Фарёрскими и Шетландскими о-ми. 11—14 Авг. 1910 г.



Фиг. 210. Южный разрѣзъ между Фарёрскими и Шетландскими о-ми. 10—11 Авг. 1910 г.



Фиг. 211. Гидрологическій разрѣзъ черезъ порогъ У. Томсона.

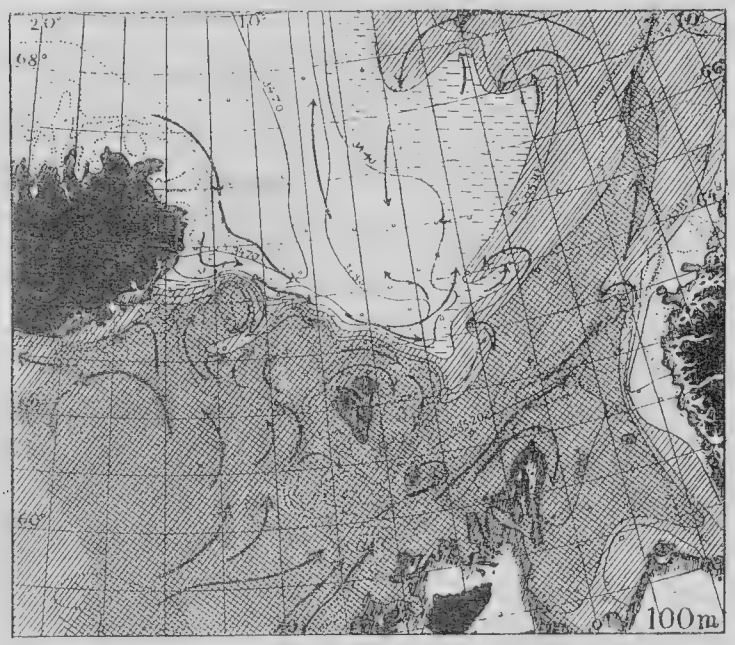
теплая и соленая вода двигается на сѣверъ. Около Шетландскихъ о-въ видна струя теплой и соленой воды, соотвѣтствующая имѣющейся и на сѣверномъ разрѣзѣ (фиг. 209).

На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 211) представленъ продольный гидрологическій разрѣзъ черезъ порогъ У. Томсона отъ станціи 101 (см. карту фиг. 208) до ст. 106. Лѣвая южная половина чертежа относится къ Атлантическому ок., подъемъ дна посрединѣ есть порогъ У. Томсона (на чертежѣ по необходимости горизонтальный масштабъ во много разъ меньше, нежели вертикальный, почему и уклоны дна сильно преувеличены). Правая, сѣверная сторона чертежа относится къ водамъ Сѣверно-Европейскаго м.

Въ Атлантическомъ ок., начиная отъ 500 м. (глубины порога), температура и соленость медленно убываютъ внизъ. Въ Сѣверно-Европейскомъ м., начиная съ той же глубины, идетъ быстрое уменьшеніе и температуры и солености. На глубинѣ 1.000 м. въ Атлантическомъ ок. температура около 7° и соленость около 35,15‰, а по сѣверную сторону порога температура ниже 0° и соленость менѣе 35,0‰.

Такимъ образомъ порогъ не допускаетъ холодныя и менѣе соленыя воды съ сѣвера въ область большихъ глубинъ Атлантическаго ок.

Сличеніе двухъ столь близкихъ по мѣсту и по времени разрѣзовъ показываетъ, какія сложныя явленія представляютъ океаническія теченія при болѣе подробномъ ихъ изученіи. Согласно послѣднимъ результатамъ изслѣдованій теченій въ Сѣверно-Европейскомъ м.,



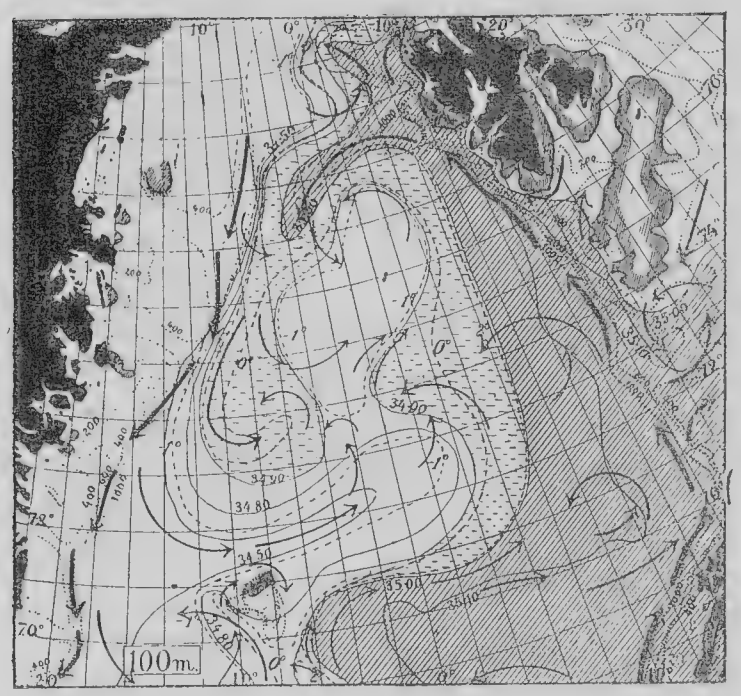
1 : 14 500 000.

Фиг. 212. Распредѣленіе солености и направленій движеній воды на глубинѣ 100 м. между Исландіей, Шотландіей и Норвегіей.

произведенныхъ Нансеномъ и Геллендъ-Ганзеномъ, подобные водовороты встрѣчаются во многихъ мѣстахъ въ этомъ морѣ и несомнѣнно и въ другихъ мѣстахъ океана.

На прилагаемой картѣ (фиг. 212) изображено распредѣленіе солености на глубинѣ 100 м. (55 м. с.), стрѣлками показаны направленія теченій и характеръ водоворотовъ; послѣдніе на основаніи изученія распредѣленія соленостей. На картѣ ясно видны два большихъ водоворота циклоническаго характера, одинъ къ югу, а другой къ сѣверу отъ Фарёрскихъ о-въ, и нѣсколько болѣе мелкихъ. На той же картѣ видно, что Атлантическое теченіе съ водою большой солености (35,00‰ и выше, на картѣ заштрихованное пространство) проходитъ въ Сѣверно-Европейское м. исключительно почти проливомъ между Фарёрскими о-ми и Шотландіей, и далѣе къ сѣверу распространяется вдоль берега Норвегіи, занимая восточную полосу моря. Въ средней же его полосѣ между Шпицбергеномъ, Норвегіей и Гренландіей, имѣется еще два водоворота циклоническаго характера (фиг. 213), образованныхъ, какъ видно на картѣ, струями Норвежскаго Атлантическаго теченія, отдѣляющимися отъ главнаго теченія, идущаго частью вокругъ Нордкапа, а частью вдоль западнаго берега Шпицбергена (Шпицбергенское Атлант. теч.).

Пройдя сѣверную оконечность Норвегіи, Атлантическое теченіе раздѣляется на двѣ вѣтви, одна огибаетъ Норвегію и идетъ къ востоку подъ именемъ Нордкапскаго теченія, другая же слѣдуетъ вдоль материковаго склона (см. фиг. 16, стр. 34) и идетъ далѣе на сѣверъ вдоль



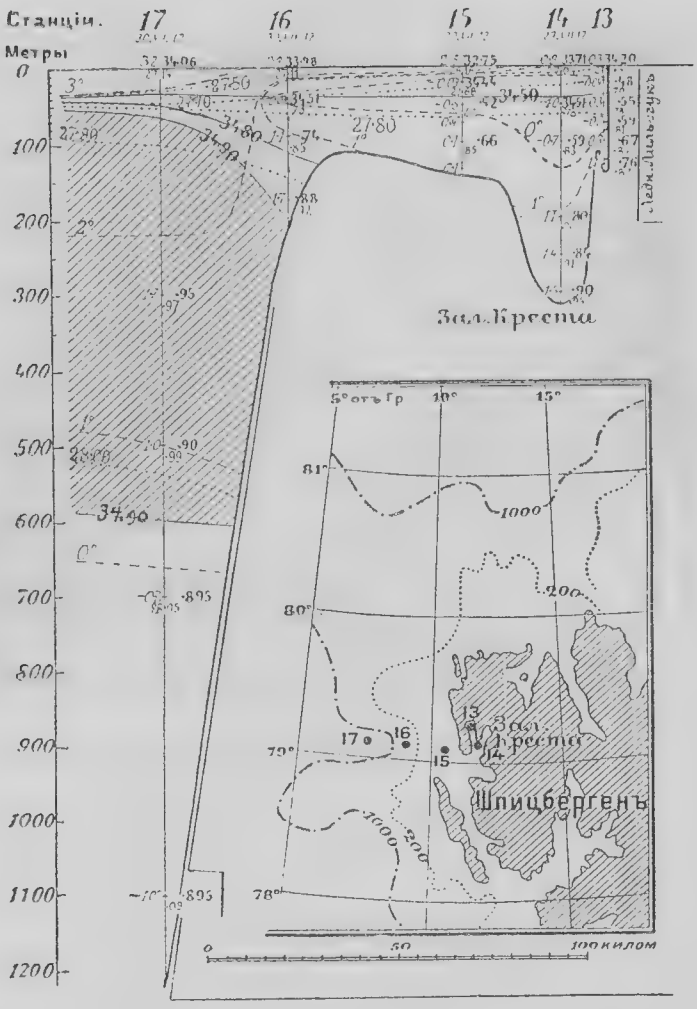
1 : 14.500.000.

Фиг. 213. Распредѣленіе солености и направленій движеній воды на глубинѣ 100 м. между Гренландіей, Шпицбергеномъ и Норвегіей.

западнаго берега Шпицбергена подъ именемъ *Шпицбергенскаго Атлантическаго* теченія *). Уклоняясь затѣмъ вправо, оно огибаетъ Шпицбергенъ вдоль сѣверной окраины (80° с. ш.) его материковаго склона **), и, постепенно углубляясь подъ болѣе холодныя, но менѣе соленыя, а слѣдовательно болѣе легкія полярныя воды, это теченіе уходитъ въ видѣ подводнаго въ Сѣверное Полярное море (см. стр. 153), гдѣ и обусловливаетъ образованіе промежуточнаго слоя относительно теплой и соленой воды.

*) Шпицбергенская вѣтвь Атлантическаго теченія, вѣроятно, болѣе мощная, нежели Нордкапское теченіе, потому что послѣднее хотя и болѣе широкою струею вступаетъ въ Баренцово м., но зато и менѣе глубокою. Норвежская вѣтвь Атланг. теченія, какъ было сказано выше, имѣетъ мощность въ среднемъ до 800 м., а глубины на материковой отмели къ сѣверу отъ Нордкапа вообще до 400 м., и только къ юго-вост. отъ Медвѣжьяго о-ва есть узкій каналъ около 460 м. глубиною.

**) Согласно новѣйшимъ изслѣдованіямъ Ф. Нансена въ 1912 г., опубликованнымъ въ 1915 г.



Фиг. 214. Гидрологическій разрѣзъ поперекъ Шпицбергенской вѣтви Атлантич. теченія (Гольфстр.).

Расположеніе этого теплаго слоя воды большой плотности у западнаго берега Шпицбергена видно на прилагаемомъ поперечномъ гидрологическомъ разрѣзѣ (фиг. 214), гдѣ нанесены всѣ три элемента: температура, соленость и плотность, а рядомъ на карточкѣ показаны мѣста станцій, по наблюденіямъ которыхъ разрѣзъ построенъ. Первыя двѣ станціи (13 и 14) находятся въ узкомъ фіордѣ Креста.

Поверхностныя температуры въ фіордѣ были малы (0°,9—0°,3), потому что въ его верховье спускается ледникъ; начиная же со станціи 15-й, лежащей уже въ открытомъ морѣ, температура на поверхности доходитъ до 2°,5 и выше (въ концѣ Іюля). На разрѣзѣ видно, что между двумя изогалинами 34,90‰ заключенъ мощный слой воды, около 550 м. толщиною, большой солености и съ температурами отъ 2°,8 до 0°,5 (4 : 5 толщины слоя выше 1°),

это и есть слой Шпицбергенскаго Атлантическаго теченія. Надъ нимъ въ открытомъ морѣ расположенъ слой воды, распрѣсненный таяніемъ льдовъ, которые въ это время года находились всего въ миляхъ 90 къ сѣверу отъ берега Шпицбергена.

Соленость тонкаго верхняго слоя была отъ 34,06‰ (ст. 17) до 34,50‰ на глубинѣ 40 м. Ниже 700 м. до глубины въ 1.200 м. все пространство было заполнено водою почти той же солености, но съ температурами отъ 0° до — 1°,07; это есть вода большихъ глубинъ Сѣверно-Европейскаго м., образовавшаяся путемъ охлажденія ея на поверхности зимою и весною; это главнымъ образомъ вода атлантическаго происхожденія (см. стр. 154), подстилающая теплое Норвежское и Шпицбергенское Атлантическое теченія на всемъ ихъ пути.

Фиг. 215. Нордкапская вѣтвь Атлантическаго теченія (NE вѣтви Гольфстрима).

Какъ выше было указано, Норвежское Атлантическое теченіе, пройдя Нордкапъ, отдѣляетъ вѣтвь, идущую между Норвегіей и Медвѣжьимъ о-мъ, на востокъ подъ именемъ *Нордкапскаго* теченія, несущаго теплыя и соленыя воды въ Баренцово м. По сѣверную сторону Медвѣжьяго о-ва тоже проходитъ вѣтвь теплаго теченія, направляющаяся къ южной окраинѣ Шпицбергена (Сторъ-фіорду); но главная полоса теченія, идущая на востокъ, есть Нордкапское теченіе, обладающее значительною соленостью (34,65‰ и выше) и высокими температурами, особенно въ Августѣ (около 7°—8°). Вступивъ въ Баренцово м., теченіе приблизительно до меридіана Кольскаго зал. идетъ сплошною струею, какъ это видно на прилагаемой картѣ *) (фиг. 215). Къ востоку отъ меридіана Кольскаго зал. теченіе раздѣляется на нѣсколько вѣтвей. Наиболѣе южная часть подъ названіемъ *Мурманской* идетъ къ SE и въ нѣкоторые годы очень близко подходитъ къ Мурманскому берегу, а иногда значительно удаляется отъ него къ сѣверу, что̀, повидимому, обусловливается господствующими вѣтрами. По массѣ воды Мурманское теченіе есть самая слабая вѣтвь Нордкапскаго теченія, по температурѣ же оно теплѣе другихъ (въ Августѣ 5°—6° въ 70°—71° с. ш. на меридіанѣ входа въ Бѣлое м.) Мурманское теченіе на меридіанѣ о-ва Колгуева перестаетъ быть замѣтнымъ и не доходитъ до Новой Земли; на всемъ своемъ протяженіи оно имѣетъ большое экономическое значеніе для этой части русскаго сѣвернаго побережья.

Среднія вѣтви Нордкапскаго теченія (между 72°—74° с. ш.) далеко на востокъ не проникаютъ (до 42°—44° в. д.), тогда какъ болѣе сѣверная вѣтвь, повидимому, частью проходитъ почти до сѣвернаго берега Новой Земли, а частью между этимъ островомъ и архипелагомъ Франца-Іосифа до 80° с. ш. огибая, повидимому, его съ востока; по массѣ воды это наиболѣе сильная вѣтвь **).

Раздѣленіе Нордканскаго теченія на нѣсколько вѣтвей, повидимому, обусловливается встрѣчею съ холодными водами, двигающимися на-

*) Карта составлена Л. Л. Брейтфусомъ и Г. Ф. Гебелемъ.

**) Большая масса воды этой вѣтви, быть-можетъ, объясняется тѣмъ, что она образована сѣверною частью Нордкапскаго теч., которая идетъ южнѣе и юго-восточнѣе Медвѣжьяго о-ва по болѣе глубокой части материковой отмели, имѣющей здѣсь глубины вначалѣ около 550 м., а далѣе къ NNE до 450—400 м.; тогда какъ южная часть Нордкапскаго теченія вступаетъ въ Мурманское м. черезъ болѣе мелководную часть (около 300 м.) материковой отмели. Вслѣдствіе указанныхъ условій, и мощность слоя теченія должна быть различная.

встрѣчу ему и достигающими въ своемъ движеніи на югъ до Медвѣжьяго о-ва, врѣзываясь клиномъ между Нордкапскимъ теченіемъ отъ вѣтви Норвежскаго Атлантическаго теченія, идущей къ Шпицбергену.

Вдоль западнаго берега Новой Земли, повидимому, существуетъ холодное теченіе, идущее на сѣверъ *).

Шпицбергенское Атлантическое теченіе, обогнувъ сѣверо-западные берега Шпицбергена, уходитъ, какъ было сказано выше, въ Сѣверное Полярное м., гдѣ и продолжаетъ распространяться въ слоѣ отъ 200 до 800 м. (110—440 м. с.), какъ это видно и на графикахъ распредѣленія на глубинахъ температуры, солености и плотности, помѣщенныхъ въ главѣ VI (фиг. 62, стр. 152). Теплыя и соленыя, а потому болѣе тяжелыя воды теченія, образовавъ подводное теченіе, уклоняются подъ вліяніемъ вращенія земли вправо и слѣдуютъ на востокъ вдоль (сибирской) окраины материкового склона Сѣвернаго Полярнаго м. Отсутствіе наблюденій не позволяетъ судить о дальнѣйшемъ движеніи этого теплаго подводнаго теченія.

Въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ, получающемъ постоянный притокъ тяжелой воды отъ Шпицбергенскаго Атлантическаго теченія и легкой воды отъ рѣкъ Сибири и Сѣверной Америки, очевидно, должно было образоваться теченіе, которымъ избытокъ воды въ этомъ почти замкнутомъ бассейнѣ удалялся бы въ океанъ. Такое теченіе дѣйствительно и существуетъ въ поверхностномъ слоѣ Сѣвернаго Полярнаго м. (толщиною около 200 м.). Оно отличается низкою температурою (—1°,5 до —1°,9) и малою соленостью (30‰ — 34,7‰), какъ это видно на графикахъ фиг. 62 на стр. 152.

Скорость поверхностнаго теченія въ Сѣверномъ Полярномъ м. по наблюденіямъ дрейфа *Фрама* небольшая, около 0,5 — 1,0 морск. м. въ 24 ч.; она увеличивается отъ востока къ западу.

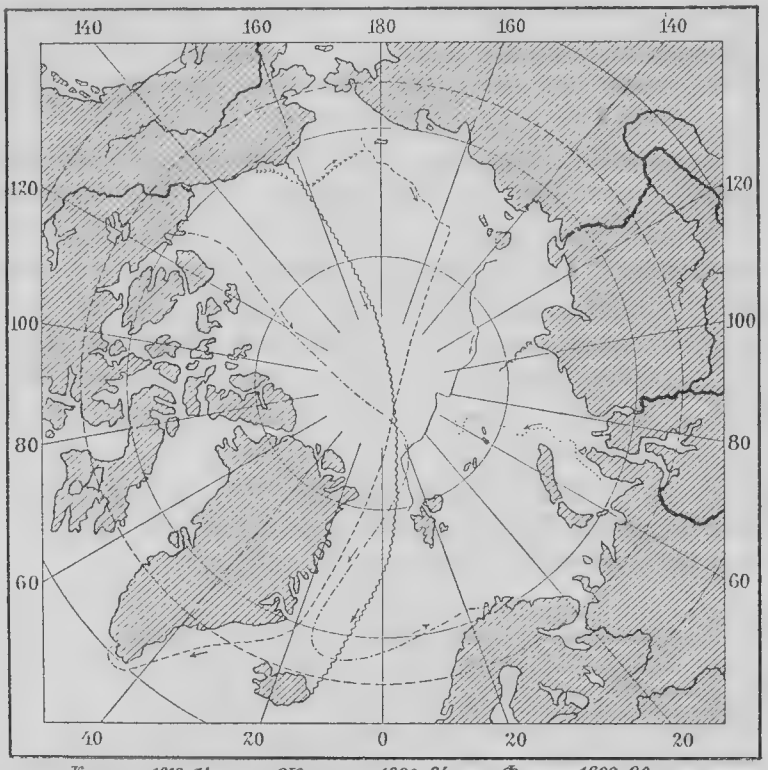
По мнѣнію Нансена, основанному на матеріалахъ, собранныхъ во время плаванія на *Фрамѣ* и послѣдующими экспедиціями, въ Сѣверномъ Полярномъ м. вдоль пути *Фрама* можно было различить четыре слоя теченій одинъ надъ другимъ. I — поверхностное тече-

*) Намеки на такое теченіе встрѣчаются и у Н. Книповича и у Л. Брейтфуса, но оба изслѣдователя не могли сдѣлать достаточно наблюденій для выясненія этого теченія.

Здѣсь умѣстно было бы сказать о значеніи и вліяніи Гольфстрима и Атлант. теченія на физико-географическія условія сѣв. Атлант. ок. и сѣверо-западной Европы и окружающихъ ее водъ. Однако, такъ какъ въ этомъ вліяніи участвуютъ и холодныя теченія, то соотвѣтствующая статья помѣщена далѣе, въ концѣ описанія теченій Сѣвернаго Атл. ок. (стр. 518).

ніе малой солености (29,0 — 32,0‰), идущее на NW и W слоемъ около 50—60 м. толщиною; II — слой воды около 200 м. мощностью болѣе высокой солености (до 34,7‰) и низкой температуры, идущій съ небольшими скоростями по различнымъ направленіямъ; III—слой теченія относительно теплой воды и большой солености (35,1—35,3‰), толщиною около 600—700 м., идущій на E и несущій воды, очевидно, атлантическаго происхожденія; и IV—слой огромной мощности, отъ глубины въ 1.000 м. до дна, очень медленно двигающійся и обладающій низкою температурою и значительною соленостью (около 35,0‰).

На существованіе такого движенія поверхностныхъ водъ указываютъ также нахожденія плавника изъ сибирскихъ рѣкъ (сибирскихъ породъ лѣса) по берегамъ всѣхъ острововъ къ западу отъ Сибири (Новая Земля, З. Фр.-Іосифа, Шпицбергенъ, см. фиг. 170, 171, 172, стр. 427, 428), а также какъ на восточномъ, такъ и на западномъ берегахъ Гренландіи, куда приносится столько плавника (вокругъ м. Фэрсуель), что эскимосы всѣ свои потребности въ деревѣ только имъ и удовлетворяютъ. По изслѣдованію образцовъ плавника, находимаго въ Гренландіи, оказалось, что онъ происхожденія сибирскаго. Были случаи, что въ западной Гренландіи находили охотничьи принадлежности индѣйцевъ изъ Аляски *).



Фиг. 216. Дрейфы судовъ и буевъ въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ.

*) Дощечки для метанія съ нихъ стрѣлъ или гарпуновъ.

Наконецъ тамъ же было найдено нѣсколько предметовъ, принадлежавшихъ американской полярной экспедиціи на *Жаннетѣ* *). Изученіе гренландской флоры показало, что тамъ много сибирскихъ формъ растительности, которыя только и могли быть туда занесены теченіями.

Въ 1899—1901 гг., по предложенію американскаго географа Г. Брэйанта и адмирала Мельвиля, были помѣщены на льдахъ Сѣвернаго Полярнаго м. со стороны Америки и Берингова пролива 50 прочныхъ буевъ, изъ которыхъ до настоящаго времени четыре были найдены. Предположительный путь ихъ нанесенъ на прилагаемой картѣ Сѣвернаго Полярнаго м. (фиг. 216). Какъ на ней видно, буи отъ американской окраины Сѣвернаго Полярнаго м. были перенесены льдами и теченіемъ на европейскую его сторону, гдѣ и найдены. На той же картѣ различными знаками показаны дрейфы затертыхъ льдами судовъ: *Карлука*, *Жаннеты*, *Фрама* и *Св. Анны;* эти дрейфы, происходившіе подъ вліяніемъ поверхностнаго теченія, какъ видно, образуютъ одну дугу кривой, параллельную въ общемъ очертанію берега моря отъ Америки вдоль Сибири до Европы. То обстоятельство, что дрейфы этихъ четырехъ судовъ относятся къ четыремъ разнымъ промежуткамъ времени (*Карлукъ* 1913—14 г., *Жаннета* 1880—81 г., *Фрамъ* 1893—96 г., *Св. Анна* 1913—14 г.), только еще болѣе подтверждаетъ справедливость заключенія о существованіи въ Сѣверномъ Полярномъ м. въ поверхностномъ слоѣ постояннаго теченія отъ Берингова пр. къ Гренландіи и Шпицбергену. Дрейфъ русскаго судна *Св. Анны* (Дек. 1913 г.—Апр. 1914 г.) показываетъ, что и изъ Карскаго м. существуетъ движеніе воды къ сѣверу (по крайней мѣрѣ въ нѣкоторые годы), а затѣмъ, когда *Св. Анну* вынесло въ открытое море къ сѣверу отъ З. Фр.-Іосифа, то ее понесло къ западу тѣмъ же теченіемъ, что и *Фрамъ*. На картѣ не нанесенъ дрейфъ судна *Tegelhof'a* въ 1871—72 гг., расположенный между Новою Землею и З. Фр.-Іосифа, потому что онъ въ масштабѣ карты занялъ бы слишкомъ малое мѣсто; но линія этого дрейфа тоже подтверждаетъ вышесказанное.

Въ 1900 г. герцогъ Абруццкій предпринялъ экспедицію на З. Фр.-Іосифа съ цѣлью достигнуть оттуда по льдамъ возможно большей сѣверной широты. Путешествіе по льдамъ было совершено подъ начальствомъ кап. I р. Кáньи; при этомъ на обратномъ пути отрядъ снесло вмѣстѣ со льдами къ западу на 8° по долготѣ.

Американскій полярный путешественникъ Пири при своихъ нѣсколькихъ попыткахъ достигнуть полюса къ сѣверу отъ Земли Гранта, нѣсколько разъ относился теченіемъ вмѣстѣ со льдами, но къ востоку.

Всѣ указанныя данныя подтверждаютъ существованіе въ Сѣверномъ Полярномъ м. теченія, направляющагося отъ Берингова пр. къ выходу въ Атлантическій ок. между Шпицбергеномъ и Гренландіей, при чемъ, повидимому, сюда же двигаются и воды вдоль сѣверной окраины американскаго полярнаго архипелага и Гренландіи.

Подходя къ архипелагамъ Земли Франца-Іосифа и Шпицбергена и Гренландіи, общее движеніе водъ въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ, идущее къ W, образуетъ три отдѣльныхъ холодныхъ вѣтви: теченіе *Медвѣжьяго* о-ва, теченіе *Шпицбергенское* и теченіе *Восточно-Гренландское*.

Полярное теченіе *Медвѣжьяго* о-ва идетъ отъ З. Франца-Іосифа на SW къ острову своего имени (температура его около 0°, — 1°;

*) Между прочимъ, списокъ запасовъ съ подписью командира Де-Лонга, списокъ шлюпокъ *Жаннеты* и т. п.

S = 34,7‰). По объему оно не велико, но имѣетъ значеніе тѣмъ, что приноситъ къ Медвѣжьему о-ву пловучіе льды, затрудняющіе плаваніе въ этой части моря.

Шпицбергенское полярное теченіе огибаетъ Шпицбергенъ съ юга и поднимается на N вдоль его западнаго берега между нимъ и теплымъ Атлантическимъ Шпицбергенскимъ теченіемъ *). Масса теченія тоже не велика, температуры его ниже 0° и соленость небольшая, потому что воды его полярнаго происхожденія (S = 32,0 — 34,0‰).

Восточно-Гренландское теченіе начинается сѣвернѣе окраины Гренландіи и затѣмъ идетъ вдоль ея восточнаго берега на S, слѣдуя надъ материковою отмелью и материковымъ склономъ Гренландіи слоемъ около 200 м. толщины. Воды его имѣютъ небольшую соленость (около 31,0—32,0‰) **), а температуры ихъ ниже 0°.

Въ своемъ движеніи къ югу теченіе, особенно въ той его части, которая идетъ по болѣе глубокому мѣсту надъ материковымъ склономъ, встрѣчаетъ на своемъ пути подводный порогъ, протягивающійся между Гренландіей и Исландіей (см. стр. 33), съ глубинами не болѣе 600 м. (328 м. с.). Часть теченія проходитъ въ Атлантическій ок. надъ нимъ, а часть отклоняется къ востоку и образуетъ вѣтвь вдоль сѣверной окраины Исландіи (холодное *Исландское* теченіе), смѣшивающуюся съ водами водоворота теченій въ Сѣверно-Европейскомъ м., образованными вѣтвями Норвежскаго Атлантическаго теченія.

Восточно-Гренландское теченіе проходитъ къ югу Датскимъ пр., придерживаясь Гренландскаго берега, тогда какъ въ восточной части пролива вдоль берега Исландіи замѣчаются еще теплыя вѣтви теченія Ирмингера. Такъ какъ въ Датскомъ пр. полоса Восточно-Гренландскаго теченія наиболѣе узка, то скорость его тутъ доходитъ иногда до 24 м.м., въ среднемъ же она около 5—10 м.м.

Обогнувъ съ юга оконечность Гренландіи, мысъ Фэрсуель, теченіе поворачиваетъ вправо, и часть его идетъ на N вдоль западнаго берега Гренландіи, образуя западное Гренландское теченіе (вышеприведенные примѣры заноса сибирскаго плавника и разныхъ предметовъ подтверждаютъ это (стр. 514). Въ сѣверной части Баффинова моря это теченіе заворачиваетъ на W и сливается съ холоднымъ теченіемъ, идущимъ посреднѣ Баффинова м. на S; частью же еще южнѣе Дэвисова пр. оно заворачиваетъ на W и присоединяется къ Лабрадорскому теченію.

Восточно-Гренландское теченіе несетъ на всемъ своемъ протя-

*) Подобно Восточно-Гренландскому въ Дэвисовомъ проливѣ.

**) Изогалина 32,0‰ на поверхности есть вполнѣ опредѣленная восточная граница теченія въ его сѣверной половинѣ.

женіи большое количество льдовъ, частью арктическаго происхожденія, многолѣтнія ледяныя поля до 2—3 м. толщиною съ торосами до 60—70 м. толщиною, а частью льды, образующіеся зимою въ Сѣверно-Европейскомъ м., гораздо болѣе тонкіе и слабые, и, кромѣ того, большое количество ледяныхъ горъ гренландскаго происхожденія.

Въ проливахъ Сѣверо-американскаго архипелага вездѣ замѣчается движеніе поверхностныхъ водъ къ востоку; по выходѣ ихъ черезъ проливы въ Баффиново м. онѣ образуютъ вдоль западнаго берега моря теченіе *), идущее на S, которое называется *Лабрадорскимъ* по имени полуострова, вдоль коего оно идетъ. Скорость теченія въ Баффиновомъ м. около 10 м.м., а противъ пол-ва Лабрадора 10—36 м.м.

Подойдя къ Ньюфаундлендской банкѣ, теченіе, несущее массу льдовъ, огибаетъ банку и встрѣчается съ Гольфстримомъ подъ прямымъ угломъ. Воды Лабрадорскаго теченія, хотя и менѣе соленыя, но холодныя, оказываются тяжелѣе водъ Гольфстрима и уходятъ подъ него, образуя подводное холодное теченіе, заносящее далеко на югъ поперекъ Гольфстрима громадныя ледяныя горы, нижнею своею частью сидящія въ холодномъ теченіи. Эти ледяныя горы представляютъ большое затрудненіе и опасность для мореплаванія вдоль южной окраины Ньюфаундлендской банки, гдѣ проходитъ путь всѣхъ судовъ, содержащихъ сообщеніе между Сѣв. Америкою и Европою. Несчастія здѣсь бывали неоднократно. На самой Ньюфаундлендской банкѣ правильныхъ теченій нѣтъ (только приливо-отливныя).

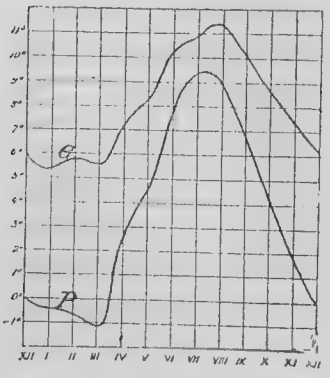
Въ проливѣ Кабота (между Ньюфаундлендомъ и Нов. Шотландіей) по его восточному берегу холодное теченіе входитъ изъ океана въ зал. Св. Лаврентія, а вдоль западнаго оно выходитъ подъ именемъ холоднаго *Каботскаго* теченія, выносящаго къ югу и мѣстныя холодныя воды зал. Св. Лаврентія. Каботское теченіе, уклоняясь вправо, идетъ между Гольфстримомъ и берегомъ Америки и образуетъ такъ называемую «холодную стѣну» къ западу отъ Гольфстрима до параллели Нью-Іорка. Разница температуръ въ Гольфстримѣ и въ водѣ холодной стѣны иногда доходитъ до 20°. Южнѣе Нью-Іорка холоднаго теченія нѣтъ, а есть только прибрежное противотеченіе, идущее на S, къ которому присоединяется выступающая съ глубины болѣе холодная вода.

*) Посреди Баффинова м. идетъ холодное теченіе изъ пр. Смита, оно присоединяется къ Лабрадорскому.

Вліяніе Гольфстрима и Атлантическаго теченія на климатъ и физико-географическія условія сѣверо-западной Европы. — Какъ выше было указано, навигаціонное значеніе Гольфстрима заканчивается на 40° з. д., но физико-географическое значеніе Гольфстрима и Атлантическаго теченія распространяется во много разъ дальше, оказывая вліяніе на воды океана и морей, на климатъ и на экономическія условія всей сѣверо-западной Европы. О значеніи Гольфстрима и его вліяніи извѣстно всѣмъ, остается подтвердить примѣрами, каково это вліяніе.

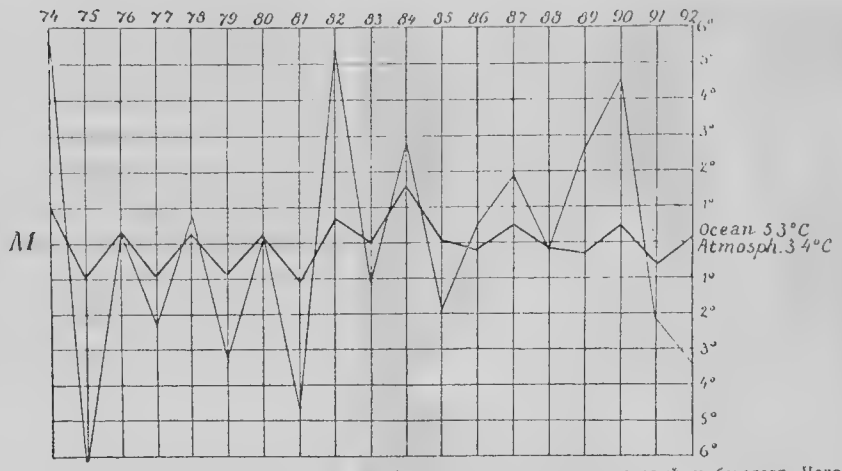
Выше, въ статьѣ о значеніи солености океановъ (стр. 211), былъ уже приведенъ примѣръ вліянія водной поверхности на нагрѣваніе атмосферы, тамъ было указано, что при охлажденіи только на 1° слоя воды толщиною въ 200 м. на пространствѣ полосы Норвежскаго Атлантическаго теченія выдѣлится количество тепла, достаточное для нагрѣванія на 10° слоя воздуха въ 4 километра толщиною, покрывающаго площадь, равную Европѣ.

Около 150.000 куб. кил. теплой и соленой воды, вливающейся ежегодно въ Сѣверно-Европейское море Атлантическимъ теченіемъ, оказываетъ огромное вліяніе на всѣ явленія въ этомъ морѣ и въ окружающихъ его странахъ. Уже при самомъ вступленіи этого могучаго притока теплой и соленой воды въ область Сѣверно-Европейскаго м., онъ начинаетъ оказывать свое вліяніе на климатъ окружающихъ мѣстъ. Напримѣръ, температура воздуха на Фарёрскихъ о-хъ (см. карту, фиг. 208, стр. 505) имѣетъ замѣтную разницу при вѣтрахъ отъ SE, т.-е. съ теплаго Атлантическаго теченія, и при вѣтрахъ отъ NW, т.-е. съ холоднаго Сѣверно-Исландскаго теченія; кривая, обозначенная буквою G, относится къ днямъ, когда вѣтеръ дуетъ съ Гольфстрима; а кривая P — когда съ Сѣв. Исландскаго. На прилагаемомъ графикѣ (фиг. 217) изображенъ годовой ходъ температуры воздуха для обоихъ случаевъ по отдѣльности; какъ видно, разница въ температурахъ очень замѣтная, смотря по тому, откуда дуетъ вѣтеръ, особенно зимою, когда она доходитъ до 6°,5.



Фиг. 217. Годовой ходъ температуры воздуха на Фарёрскихъ о-хъ.

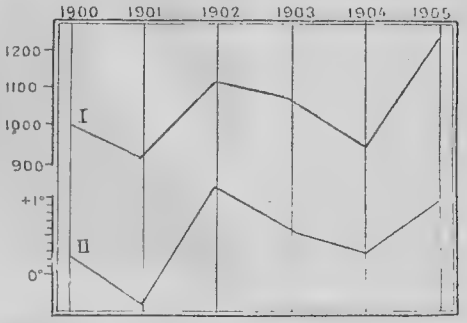
Зависимость между температурою поверхности воды на маякахъ у береговъ Норвегіи и температурою воздуха по другую



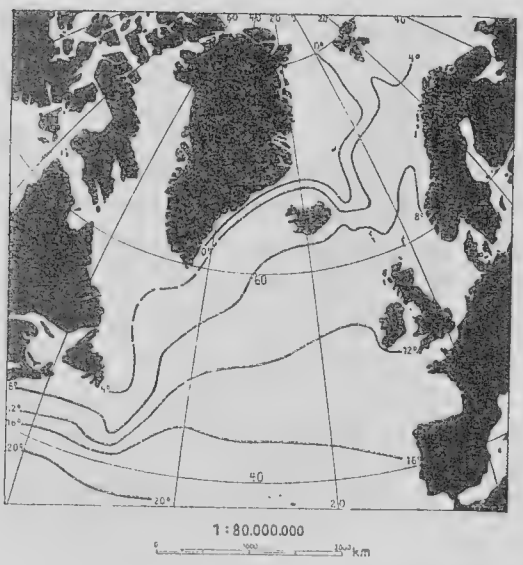
Фиг. 218. Горизонтальная линія *M* обозначаетъ средніе температуры: воды въ океанѣ у береговъ Норвегіи 5°,3 и воздуха въ Örebro въ Швеціи 3°,4. Толстая ломаная линія показываетъ колебанія для каждаго года температуры воды, а тонкая—воздуха, обѣ для Января мѣсяца.

сторону Скандинавскихъ горъ въ Швеціи (въ городѣ Örebro въ Средней Швеціи) видна на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 218), гдѣ нанесены отклоненія отъ средней температуры воды (5°,3) у береговъ Норвегіи и отъ средней температуры воздуха въ Örebro (3°,4) за года отъ 1874 по 1892. Смыслъ изгибовъ кривыхъ совершенно одинаковъ.

Несомнѣнная зависимость между температурами Норвежскаго Атлантическаго теченія и температурами воздуха въ Норвегіи видна на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 219), гдѣ верхняя кривая даетъ общее количество тепла въ Маѣ мѣсяцѣ въ сѣченіи Норвежскаго Атлантическаго теченія отъ Согне-фіорда въ Норвегіи (около 61° с. ш.) до Исландіи по годамъ; а нижняя кривая показываетъ отклоненія температуры воздуха съ 1-го Ноября по 30-е Апрѣля (т.-е. въ зиму слѣдующаго года), въ среднемъ изъ наблюденій на 22-хъ метеорологическихъ станціяхъ въ Норвегіи. Какъ видно, обѣ кривыя имѣютъ совершенно параллельный ходъ.



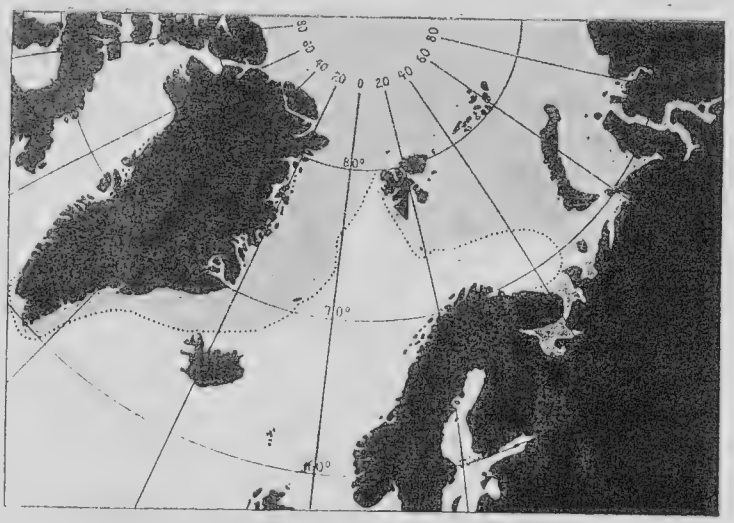
Фиг. 219. Вліяніе Атлантическаго теченія на температуру воздуха въ Норвегіи.



Фиг. 220. Вліяніе Гольфстр. и Атлант. теченій на изгибы годовыхъ изотермъ для поверхности океана.

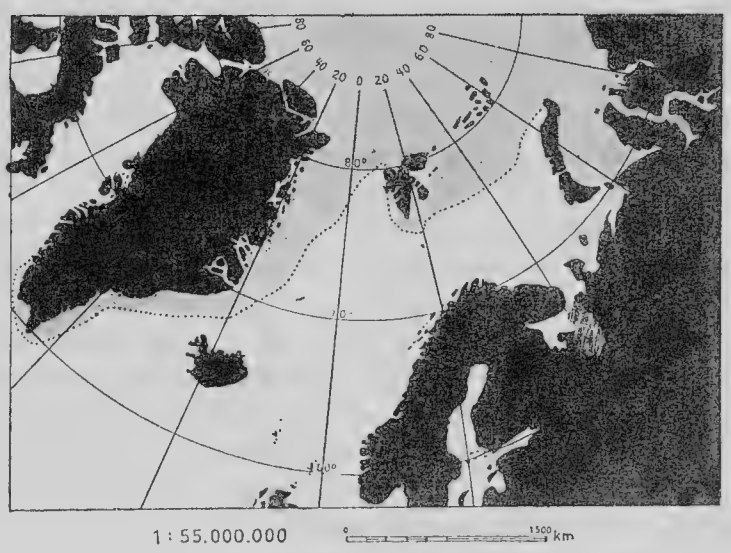
Вліяніе Атлантическаго теченія (попрежнему — NE вѣтви Гольфстрима) сказывается на всѣхъ явленіяхъ въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. и моряхъ, омывающихъ сѣверо-западную Европу. Уже на картѣ изотермъ океана (см. фиг. 54, стр. 134) это видно по тѣмъ изгибамъ, какіе онѣ дѣлаютъ къ сѣверу; если вершины изгибовъ соединить кривою, то она покажетъ общее направленіе Атлантическаго теченія, какъ это видно на прилагаемой карточкѣ (фиг. 220). Вліяніе Гольфстрима ясно замѣтно на картѣ изотермъ къ югу отъ Ньюфаундленда, а вліяніе Атлантическаго теченія видно у Ирландіи, Норвегіи и Шпицбергена.

То же самое показываетъ и карта распредѣленія солености (фиг. 41, стр. 92). Высокая температура и большая соленость (не соотвѣтствующія широтѣ) въ сочетаніи со всѣми другими физико-географическими причинами и обусловливаютъ вліяніе



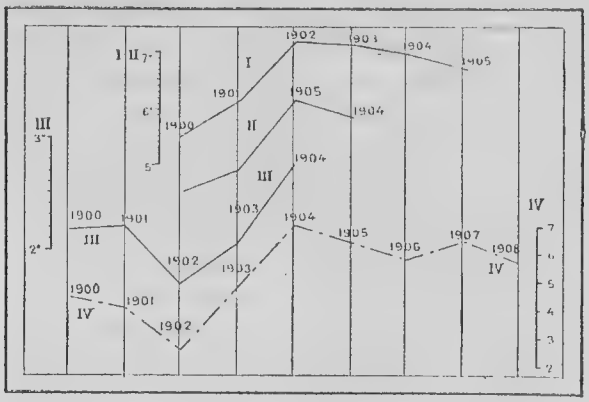
Фиг. 221. Граница льдовъ въ Апрѣлѣ по наблюденіямъ за 1896—1907 гг.

Атлантическаго теченія на распредѣленіе границы льдовъ въ водахъ, омывающихъ сѣверо-западную Европу. На двухъ приложенныхъ картахъ (фиг. 221 и 222) показана граница льдовъ для конца зимы и для лѣта; если сравнить эти двѣ карты съ картою изотермъ и съ другими выше данными картами, то нетрудно видѣть несомнѣнную зависимость распредѣленія льдовъ отъ расположенія струй Атлантическаго теченія.



Фиг. 222. Граница льдовъ въ Іюлѣ по наблюденіямъ за 1896—1907 гг.

Зависимость между этими двумя явленіями—теплом и соленостью водъ Атлантическаго теченія и количествомъ льдовъ въ Баренцовомъ м. подтверждается еще и слѣдующимъ графикомъ (фиг. 223). На немъ проведены для нѣсколькихъ лѣтъ кривыя среднихъ температуръ воды для Мая мѣсяца въ сѣченіяхъ Атлантическаго теченія къ западу отъ берега Норвегіи у Согне-фіорда (I) и у Лофотенскихъ о-въ (II), и также подобная же кривая для сѣченія вѣтви того же теченія по меридіану Колы *) (III); подъ ними проведена кривая открытой отъ льдовъ въ Маѣ

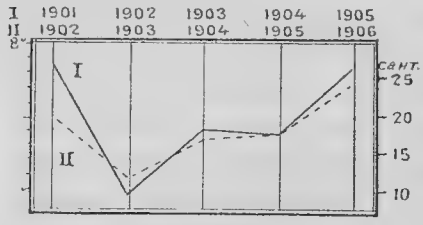


Фиг. 223. Вліяніе Атлант. теченія на количество плавучихъ льдовъ въ Баренцовомъ морѣ.

*) На основаніи наблюденій Мурманской научно промысловой экспедиціи.

мѣсяцѣ площади воды въ Баренцовомъ м. (въ сотняхъ тысячахъ кв. кил.). Такъ какъ большая часть льдовъ этого моря мѣстнаго происхожденія и успѣваетъ лѣтомъ растаять на мѣстѣ, то, очевидно, пространство, свободное отъ льдовъ весною, обусловливается запасомъ тепла, имѣющимся въ водахъ Нордкапскаго теченія, потому что весною льды ниоткуда не могутъ быть принесены сюда вновь.

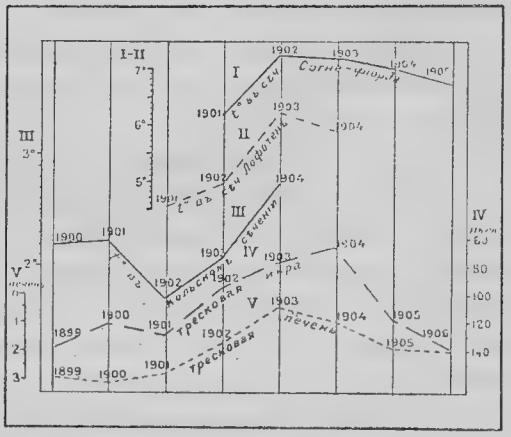
Дѣйствительно, кривыя на графикѣ достаточно близко параллельны другъ другу, и слѣдовательно существованіе вышеуказанной зависимости несомнѣнно. Болѣе подробное разсмотрѣніе кривыхъ показываетъ, что, хотя видъ ихъ одинаковъ, но года не совпадаютъ, что̀ указываетъ на постепенное запозданіе хода измѣненій въ разсматриваемыхъ явленіяхъ по мѣрѣ передвиженія къ сѣверу. Измѣненія, наблюдаемыя въ температурѣ сѣченія Согне-фіорда, повторяются въ сѣченіи Лофотенскомъ годомъ позже, а въ Кольскомъ сѣченіи еще на годъ позднѣе, такъ же, какъ и для площади свободнаго отъ льда пространства въ Баренцовомъ морѣ.



Фиг. 221.
Кривая I—средн. темп. воды Атлант. теч. въ сѣченіи Согне ф. въ Маѣ (1901—1905).
Кривая II—средн. приростъ сосны въ восточн. Норвегіи въ лѣто слѣд. года (1902—1906).

Вліяніе температуры воды въ Атлантическомъ теченіи сказывается и на явленіяхъ растительнаго міра. Такъ, напримѣръ, на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 224) показана зависимость между поверхностной температурою Атлантическаго теченія въ сѣченіи Согне-фіордъ въ Маѣ мѣсяцѣ и среднимъ приростомъ сосны въ восточной Норвегіи за лѣто слѣдующаго года. Параллелизмъ кривыхъ полный.

Измѣненія въ Атлантическомъ теченіи сказываются и на морскихъ промыслахъ. Изслѣдованія послѣдняго времени показали, что треска (одна изъ наиболѣе важныхъ промысловыхъ рыбъ) держится по преимуществу въ теплыхъ водахъ Атлантическаго теченія и его вѣтвей; одно изъ главныхъ мѣстъ улова трески у береговъ Европы это Лофотенскія отмели у Норвегіи; уловъ на нихъ имѣетъ правильный учетъ, позволившій составить нижеслѣдующій графикъ (фиг. 225). Двѣ верхнія кривыя (I и II) показываютъ среднюю температуру воды въ Атлантическомъ теченіи въ слоѣ на нѣкоторой глубинѣ подъ поверхностью въ сѣченіяхъ Согне-фіордъ (I) и Лофотенскомъ (II); слѣдующая кривая (III)



Фиг. 225. Зависимость между температурою Атлантическаго теченія и уловомъ рыбы.

дастъ среднюю температуру воды въ Кольскомъ сѣченіи. Кривая IV-я показываетъ количество тресковой икры (въ литрахъ на 1.000 пойманныхъ рыбъ), а кривая V-я количество тресковой печени *) (въ гектолитрахъ на 1.000 рыбъ), полученныхъ на Лофотенскихъ промыслахъ зимою и весною года слѣдующаго за наблюденіями температуры въ сѣченіи Согне-фіордъ. Оказывается, что существуетъ зависимость между этими обстоятельствами, что̀, очевидно, обязано благопріятнымъ или не благопріятнымъ условіямъ (температура и соленость) для роста и размноженія трески.

Совершенно подобная же зависимость оказывается между температурою и ростомъ и размноженіемъ сельдей и другихъ промысловыхъ рыбъ въ Сѣверно-Европейскомъ м.

Причины подобныхъ многолѣтнихъ колебаній теченій, конечно, не могли быть еще найдены; недостаточная продолжительность наблюденій и ихъ еще недостаточная подробность и точность не позволяютъ этого сдѣлать. Однако косвеннымъ путемъ **) можно выяснить, что колебанія температуры въ Норвежскомъ Атлантическомъ теченіи соотвѣтствуютъ колебаніямъ въ числѣ солнечныхъ пятенъ.

Изслѣдованія, производившіяся въ послѣдніе годы, показали, что и въ одинъ и тотъ же годъ количество воды, ея температура и соленость и ихъ распредѣленіе на глубинахъ въ Норвежскомъ Атлантическомъ теченіи, а также и его скорость и его положеніе въ морѣ постоянно

*) Изъ тресковой печени добывается тресковый жиръ.

**) Выше показано существованіе зависимости между температурою Атлант. теченія и количествомъ добычи печени трески у Лофотенъ. Статистика же рыбныхъ промысловъ имѣется только съ 1859 г. Сопоставляя кривыя добычи тресковой печени и количества солнечныхъ пятенъ, видно ихъ большое согласіе; а отсюда можно допустить и о возможномъ согласіи между кривыми солнечныхъ пятенъ и температуръ въ Норвежскомъ Атлантическомъ теченіи.

измѣняются изъ мѣсяца въ мѣсяцъ, и притомъ довольно значительно, достигая крайнихъ положеній осенью и весною.

Вышеприведенные примѣры показываютъ наглядно, насколько значительно вліяніе теплаго и соленаго Атлантическаго теченія (NE вѣтви Гольфстрима попрежнему) на физико-географическія и біологическія условія Сѣверно-Европейскаго м., а также и на прилегающія части суши. При этомъ необходимо указать, что распространенію вліянія теченія на климатъ прилежащихъ странъ способствуютъ преобладающіе здѣсь западные вѣтры, переносящіе воздухъ, нагрѣтый надъ теплыми водами *), на сушу. Не будь такихъ вѣтровъ, умѣряющее вліяніе теплаго теченія не сказывалось бы такъ далеко внутрь материка и настолько сильно, что годовыя изотермы нижняго слоя воздуха въ Европейской Россіи идутъ въ среднемъ годовомъ выводѣ съ замѣтнымъ уклономъ къ SE; въ Январѣ мѣсяцѣ уголъ между изотермами и параллелями доходитъ до 45°—50°, а мѣстами (на западѣ) и до 90°. Вліяніе водъ теплаго теченія еще лучше видно на картахъ изономалъ воздуха.

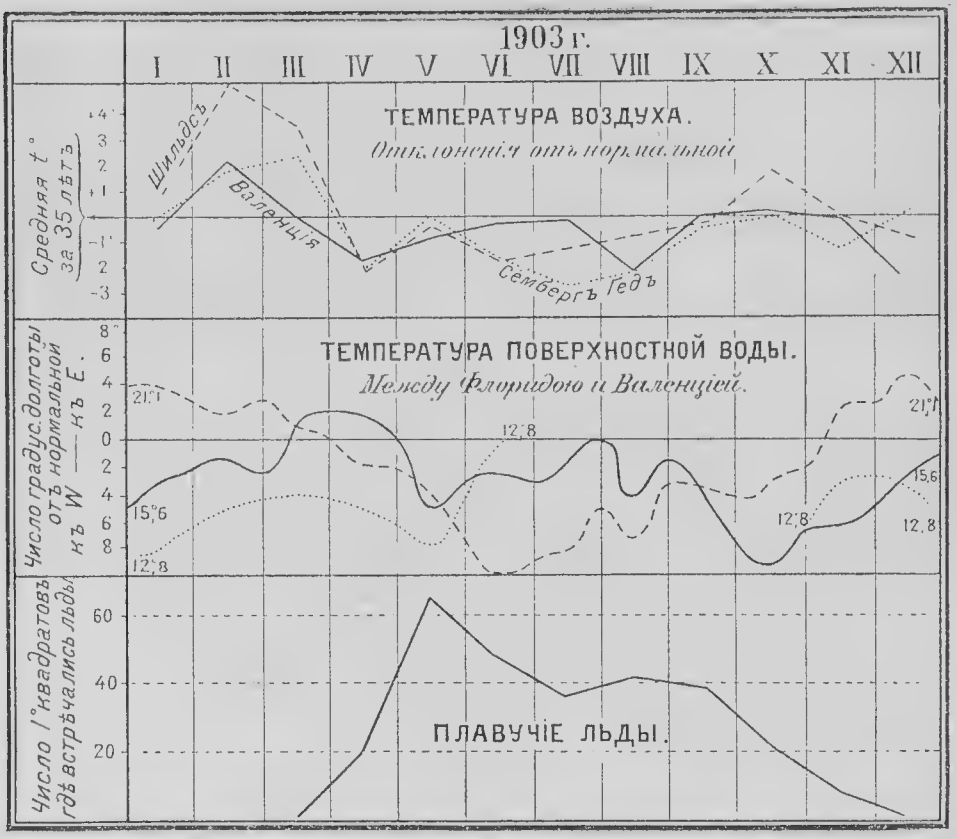
Значеніе направленія господствующихъ вѣтровъ въ данномъ случаѣ хорошо выясняется, если, напримѣръ, сопоставить западный и восточный берега Евразіи. Тогда какъ въ Январѣ на Кольскомъ пол-вѣ подъ 70° с. ш. параллельно берегу проходятъ изотермы воздуха въ — 8° и — 10°, въ Приморской области въ широтѣ, также лежащей поблизости отъ теплаго Японскаго теченія, вдоль берега протягиваются изотермы — 18° и —20°, потому что тутъ преобладаютъ зимою вѣтры, дующіе изнутри материка къ океану.

Значеніе Гольфстрима и Атлантическаго теченій для условій плаванія въ сѣверномъ Атлантическомъ океанѣ, а также для климата сѣверо-западной Европы подтверждается еще и недавно изданными работами Метеорологическаго бюро въ Лондонѣ, которое опубликовало изслѣдованіе кап. 1-го ранга Кемпбеля Гепворта о вліяніи Гольфстрима и его NE вѣтви на сѣверный Атлантическій ок. и климатъ Англіи на основаніи матеріаловъ за 1903—1912 гг.

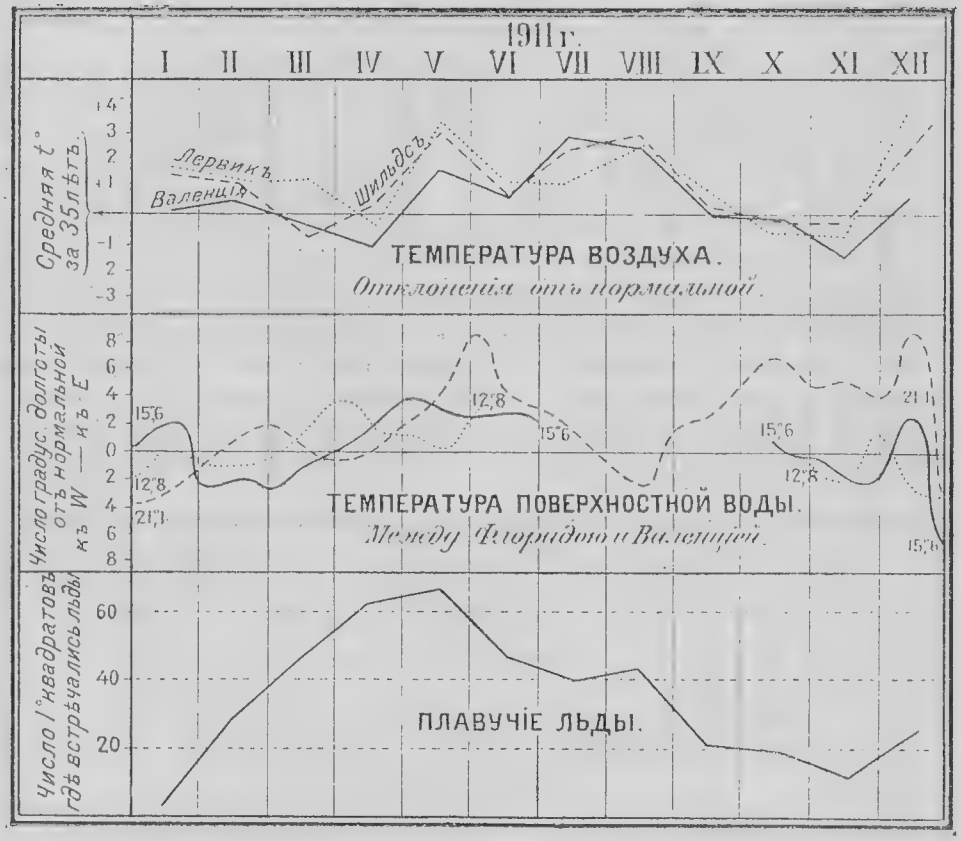
Соотношеніе между температурами поверхностной воды въ Атлантическомъ ок. на пространствѣ между Флоридою и Валенціей (метеорологическая обсерваторія на SW оконечности Ирландіи) и температурами воздуха въ Англіи несомнѣнно свидѣтельствуетъ о таковомъ вліяніи, и нижеслѣдующіе графики это подтверждаютъ.

*) 1 куб. метр. воды при $S = 35{,}0‰$, охлаждаясь на 1°, освобождаетъ столько тепла, что послѣднее нагрѣваетъ 3.134 куб. метра воздуха тоже на 1°. Сильное конвекціонное движеніе, наблюдаемое зимою въ водахъ Норвежскаго Атлантическаго теченія, доходящее до 200—300 м. глубины, обусловливаетъ отдачу водою тепла воздуху не только поверхностнымъ слоемъ, но всею толщею водъ, на глубину, на которую проникаетъ конвекціонное движеніе.

На графикахъ (фиг. 226-*а* и -*б*) для 1903 и 1911 гг. вверху даны отклоненія отъ нормальной температуры воздуха на трехъ станціяхъ въ Англіи: Валенція, Сёмбергъ Гэдъ на южной оконечности Шетландскихъ о-въ, и Нордъ Шильдсъ у устьевъ р. Тайны, такимъ образомъ эти три станціи охватываютъ всю Великобританію. На графикѣ (226-а) показаны отклоненія температуры воды отъ нормальнаго распредѣленія на протяженіи океана отъ Флориды до Валенціи; эти отклоненія вычислены слѣдующимъ образомъ. На картахъ сѣвернаго Атлантическаго ок. первоначально были опредѣлены среднія нормальныя положенія изотермъ поверхностныхъ температуръ воды для 21°,1; 15°,6 и 12°,8 (70°, 60°, 55° Фаренгейта), затѣмъ для каждаго года были составлены карты этихъ изотермъ и по нимъ опредѣлено, на сколько градусовъ долготы каждая изъ трехъ изотермъ отклонялась отъ своего средняго положенія къ востоку и къ западу; принимая во вниманіе, что температурный градіентъ направленъ въ океанѣ на NE, очевидно, что, если какая-либо изотерма лежитъ къ западу отъ своего средняго положенія, то одновременно она находится и къ югу отъ него; а если она лежитъ къ востоку, то одновременно она проходитъ сѣвернѣе своего средняго положенія. Потому положенія отклоненій изотермъ можно легко выразить числомъ градусовъ долготы. На графикахъ и показаны эти числа градусовъ долготы, выражающія отклоненія изотермъ отъ ихъ нулевой линіи



Фиг. 226-а. Вліяніе Атлантическаго теченія на климатъ Великобританіи и льды въ Атлантическомъ ок.



Фиг. 226-б.

Количество льдовъ выражено числомъ одноградусныхъ квадратовъ, въ которыхъ встрѣчался плавающій ледъ въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. на обычныхъ путяхъ пароходовъ изъ Европы въ Америку. Для нашего примѣра выбраны года 1903 и 1911, потому что въ эти года отклоненія отъ нормальныхъ были въ обратныя стороны.

На графикѣ 1903 г. видно, что температура воды въ юго-зап. части океана, представленная изотермой 21°,1, была выше нормальной (потому что изотерма лежала къ востоку отъ средняго положенія) въ Январѣ, Февралѣ и Мартѣ мѣсяцахъ, а въ сѣв.-вост. части океана она была ниже нормальной. Въ Апрѣлѣ и въ особенности въ Маѣ всѣ три изотермы лежали къ югу отъ своихъ среднихъ положеній, и до конца года температура оставалась ниже нормальной на всемъ протяженіи океана отъ Америки до Англіи.

Температура воздуха на всѣхъ трехъ береговыхъ станціяхъ была выше нормальной въ первые три мѣсяца года, а затѣмъ она быстро упала ниже нормальной и оставалась въ такомъ положеніи до Декабря.

Въ Январѣ и Февралѣ льдовъ совершенно не наблюдали на пути пароходовъ въ Америку. Они появились въ Мартѣ, и въ Маѣ количество ихъ было очень велико, настолько, что обычные пути пароходовъ въ Америку пришлось отодвинуть значительно къ югу. Въ Маѣ льды встрѣчались въ 68 квадратахъ.

Въ 1911 г. (226-б) въ началѣ года температура воды была до Апрѣля около нормальной, начиная съ Апрѣля, она поднимается на всемъ океанѣ выше нормы и держится таковою до Декабря, въ концѣ коего наступаетъ быстрое паденіе температуры воды.

Если посмотрѣть на кривыя температуры воздуха, то видно, что онѣ близко слѣдуютъ за колебаніями температуры воды. До Апрѣля температура воздуха держится около нормы, въ Апрѣлѣ начинается быстрое поднятіе ея, и она остается выше нормы до Сентября. Въ Ноябрѣ и первой половинѣ Декабря снова быстрое поднятіе, соотвѣтствующее поднятію температуры воды въ началѣ этого мѣсяца.

Количество льдовъ увеличивается отъ начала года до Апрѣля, а потомъ начинается паденіе кривой къ концу года.

Изъ разбора графиковъ видно, что температура воздуха быстро слѣдуетъ за колебаніями температуры воды; а льды, повидимому, слѣдуютъ за колебаніями температуры воды только на слѣдующій годъ, т.-е. когда излишекъ или недостатокъ теплой воды успѣетъ дойти до высокихъ широтъ океана и его полярныхъ морей.

Такимъ образомъ оказывается, что, какъ въ скорости, такъ и въ массѣ водъ, образующихъ Гольфстримъ и Атлантическое теченіе, постоянно происходятъ измѣненія и колебанія, начальная причина коихъ еще не можетъ быть указана вполнѣ опредѣленно. Изслѣдованія того же Метеорологическаго бюро въ Лондонѣ показали, что существуетъ зависимость между силою пассатовъ, температурою воды въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. и силою сѣвернаго Экваторіальнаго теченія, а также и Гольфстрима въ слѣдующемъ году. Конечно, указанная причина не единственная, вліяющая на колебанія температуры воды въ океанѣ. Во всякомъ случаѣ колебанія въ силѣ пассатовъ, хотя и черезъ посредство ряда другихъ явленій, все-таки сказываются на климатѣ сѣв.-зап. Европы.

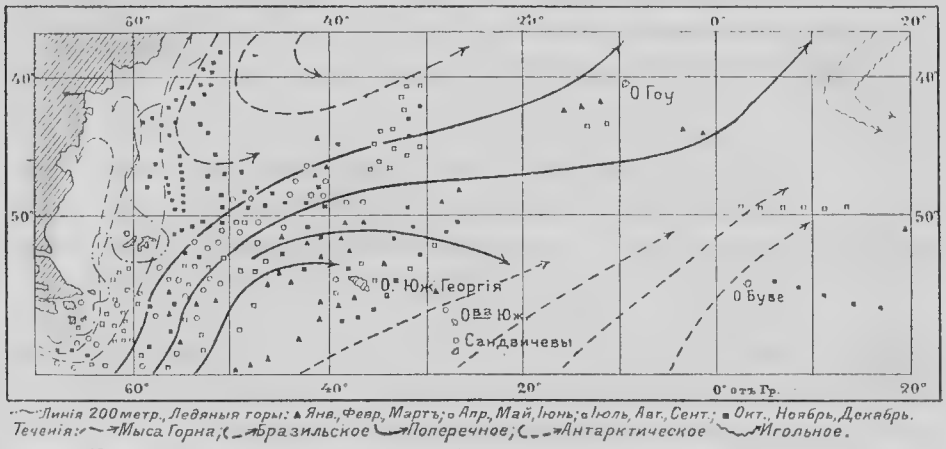
III. — *Теченія южной половины Атлантическаго океана.* — *Бразильское* теченіе образуется изъ южной вѣтви Экваторіальнаго теченія послѣ его раздѣленія у м. Рокъ. Оно направляется вдоль берега Бразиліи къ S, оставляя между собою и берегомъ полосу, гдѣ наблюдаются случайныя теченія въ зависимости отъ вѣтровъ. Скорость Бразильскаго теченія отъ 15 до 20 м.м. Это теплое теченіе къ югу отъ устья р. Ла-Платы отходитъ отъ берега и около 45° ю. ш. совершенно поворачиваетъ на E, пересѣкая океанъ къ м. Доброй Надежды подъ названіемъ *Поперечнаго* *) теченія; средняя скорость его около 15 м.м. Вслѣдствіе притока съ юга холодныхъ водъ изъ полярныхъ теченій, температура Поперечнаго теченія уменьшается и къ югу и къ востоку.

Подойдя къ параллели м. Доброй Надежды, Поперечное теченіе заворачиваетъ на N и идетъ вдоль берега Африки подъ именемъ *Бенгельскаго* теченія (иногда наз. его южн. африканскимъ). Такъ какъ къ нему примѣшаны въ значительной степени холодныя антарктическія воды и вода, поднимающаяся съ глубинъ, то температура его низкая. Скорость въ среднемъ около 20 м.м.

*) Въ англійскихъ и другихъ источникахъ Поперечныя теченія, существующія въ каждомъ океанѣ, называются соединительными теченіями.

На 10° ю. ш. холодное Бенгуельское теченіе начинаетъ поворачивать на W и даетъ начало южному Экваторіальному теченію, и тѣмъ самымъ замыкаетъ круговоротъ теченій южнаго Атлантическаго ок., двигающійся противъ часовой стрѣлки. Внутри круговорота нѣтъ правильныхъ теченій, а господствуютъ слабыя воздушныя и океаническія теченія, потому что средняя часть круговорота совпадаетъ съ областью высокаго давленія въ атмосферѣ.

Южнѣе полосы Поперечнаго теченія въ океанѣ встрѣчается нѣсколько холодныхъ теченій. Вокругъ м. Горна съ юга обходитъ холодное теченіе *мыса Горна*, несущее много полярныхъ льдовъ. Отъ него съ лѣвой стороны отдѣляется *Фалкландское* теченіе, которое идетъ между Патагоніей и о-ми того же имени на N до 40° ю. ш. Оно несетъ большое число ледяныхъ горъ, главнымъ образомъ лѣтомъ южнаго полушарія (Окт.—Дек.), располагающихся вдоль окраины материковой отмели



Фиг. 227. Холодныя теченія южнаго Атлантическаго океана.

Южной Америки, какъ это видно на приложенной картѣ (фиг. 227). Главная же часть теченія мыса Горна направляется къ NNE (къ о-ву Гоу), куда уноситъ съ собою и ледяныя горы. Къ юго-востоку отъ этого теченія, параллельно ему, идутъ антарктическія теченія, охлаждающія всю эту область океана (см. фиг. 54, стр. 134, изонормалы отъ — 2° до — 4°). Отъ м. Доброй Надежды къ этому же пространству океана доходятъ теплыя воды Игольнаго теченія, обусловливающія здѣсь быстрыя смѣны температуръ на поверхности.

IV.—*Теченія морей Атлантическаго океана* *). — О теченіяхъ въ американскихъ средиземныхъ моряхъ, Карибскомъ и Мексиканскомъ зал., уже было сказано при описаніи теченій тропической полосы океана.

Теченія въ русскихъ сѣверныхъ моряхъ, Карскомъ и Бѣломъ м., еще недостаточно обслѣдованы, особенно въ первомъ.

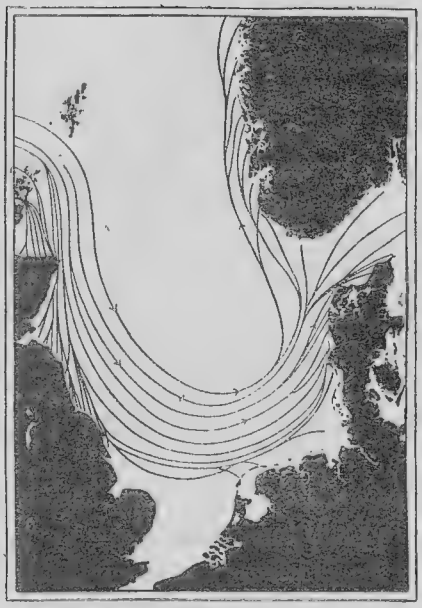
Въ *Карскомъ* м., судя по дрейфу двухъ судовъ международной полярной экспедиціи 1882—83 г., *Varna* и *Dijmphna* (голландской и датской экспедицій), можно было думать, что въ южной части моря имѣется круговоротъ воды противъ часовой стрѣлки; въ послѣдніе же годы (1912—14 г.) дрейфъ судна русской экспедиціи *Св. Анна*, вынесенной льдами изъ Карскаго м. къ сѣверу до архипелага З. Фр.-Іосифа, какъ будто указываетъ на существованіе вдоль пол-ва Ямала движенія воды на N въ область Сѣвернаго Полярнаго моря (см. карту, фиг. 213, стр. 514).

Въ *Бѣломъ* м. теченія имѣютъ приливо-отливной характеръ. Однако большое количество стока прѣсной воды, приносимой многочисленными притоками моря, должно возбуждать въ поверхностныхъ слояхъ движеніе воды къ выходу изъ моря, а въ нижнихъ слояхъ, очевидно, существуетъ притокъ болѣе соленой и плотной воды нижнимъ теченіемъ черезъ Горло моря. Иначе нельзя объяснить большую соленость глубинныхъ слоевъ (см. стр. 108). Весьма возможно, что въ Горлѣ Бѣлаго м. существуетъ подобное же сочетаніе приливныхъ и постоянныхъ теченій, какое наблюдается въ Бельтахъ и въ Гибралтарскомъ (стр. 107 и стр. 532).

Въ *Нѣмецкомъ* м., кромѣ приливо-отливныхъ теченій, господствующихъ въ юго-западной и южной частяхъ моря (см. карту, фиг. 154, стр. 383), существуетъ и общее движеніе поверхностныхъ водъ. Широко поставленный опытъ съ поплавками **) показалъ, что поверхностное теченіе входитъ въ море (фиг. 228) между Оркнейскими и Шетландскими о-ми и идетъ къ югу вдоль Шотландіи, огибая затѣмъ море противъ часовой стрѣлки; оно частью проникаетъ въ Скагерракъ, а главнымъ

*) Такъ какъ Сѣверное Полярное м. было отнесено къ внутреннимъ морямъ Атлантическаго ок., то его теченія должны были бы входить въ настоящій отдѣлъ; но для связности изложенія они были помѣщены выше.

**) Было выпущено 3.553 поплавка въ 1897 г., изъ нихъ найдено 572. Изслѣдованіе было сдѣлано шотландскимъ учрежденіемъ по изученію рыболовства подъ руководствомъ Диксона.



Фиг. 228. Поверхностныя теченія Нѣмецкаго м.

образомъ идетъ прямо на N вдоль Норвегіи (скорость теченія не велика, около 2—3 м.м.).

Въ болѣе глубокихъ слояхъ моря распространяется атлантическая вода съ соленостью 35,18‰, входящая въ море съ сѣвера вокругъ Шетландскихъ о-въ и двигающаяся на югъ къ Догеръ банкѣ. Та же вода заходитъ и въ Скагерракъ, двигаясь по глубокому Норвежскому каналу.

Въ Каттегатъ глубоководная соленая вода (34,0—33,5‰) проникаетъ только вдоль шведскаго берега, гдѣ глубины больше. Выше указанный (стр. 441) случай распространенія водорослей *Biddulphia sinensis* показываетъ, что въ болѣе глубокихъ слояхъ имѣется подводное теченіе, идущее съ юга вдоль Ютландіи въ Скагерракъ и Каттегатъ и въ Балтійское м. въ придонныхъ слояхъ, гдѣ соленость больше.

И другіе планктонные организмы тоже заносятся теченіями изъ Атлантическаго ок. въ Нѣмецкое м. и далѣе на востокъ, доказывая существованіе вышеуказаннаго постояннаго поверхностнаго теченія въ Нѣмецкомъ м.

Въ проливахъ *Скагерракъ* и *Каттегатъ*, на поверхности, теченіе идетъ изъ Балтійскаго м., выпося его опрѣснепную воду въ Нѣмецкое м. Это поверхностное теченіе въ Каттегатѣ прижимается вращеніемъ земли къ шведскому берегу и имѣетъ тутъ скорость 24—48 м.м. На глубинѣ же вода двигается изъ Нѣмецкаго м. въ Балтійское (см. стр. 107 и 173).

Въ *Каттегатъ* оба теченія имѣютъ ясно выраженную періодичность; поверхностное теченіе сильнѣе лѣтомъ (Май—Авг.) и слабѣе зимою (Сент.—Февр.), что вполнѣ понятно. Лѣтомъ притокъ прѣсной воды изъ рѣкъ больше, нежели зимою, когда осадки выпадаютъ въ видѣ снѣга (см. стр. 13, годовой ходъ уровня въ Кронштадтѣ, за лѣтніе мѣсяцы уровень повышается). Нижнее теченіе тоже имѣетъ періодичность, зимою его скорость больше (Окт.—Апр.), а лѣтомъ оно слабѣе (Май—Сент.), т.-е. обратно поверхностному теченію.

Такой же характеръ имѣютъ и теченія въ пр. Большомъ Бельтѣ.

Въ *Балтійскомъ* м. главною причиною теченій является избытокъ вливающейся въ нихъ прѣсной воды, приносимой многочисленными притоками изъ громаднаго по площади внутренняго бассейна моря. Къ этому присоединяются еще осадки, выпадающіе на поверхности самаго моря слоемъ около 500 мм. въ годъ при условіи, что за годъ съ поверхности моря врядъ ли испаряется болѣе половины этого количества.

Столь большая масса прѣсной воды, вливающаяся въ море, обусловливаетъ распрѣсненіе поверхностнаго слоя и теченіе въ немъ къ выходу изъ моря черезъ проливы Бельты и Зундъ въ Каттегатъ, Скагерракъ и Нѣмецкое м. Вмѣстѣ съ этимъ въ нижнемъ слоѣ воды, какъ выше было указано, въ Бельтахъ и Зундѣ существуютъ подводныя теченія, несущія болѣе соленую и плотную воду изъ Нѣмецкаго м. въ Балтійское. Подобное движеніе водъ въ глубокихъ слояхъ моря наблюдается и далѣе къ востоку, а также и въ глубокихъ слояхъ заливовъ Финскаго и Ботническаго. При чемъ это движеніе, очень медленное, идетъ отъ входовъ къ вершинамъ заливовъ.

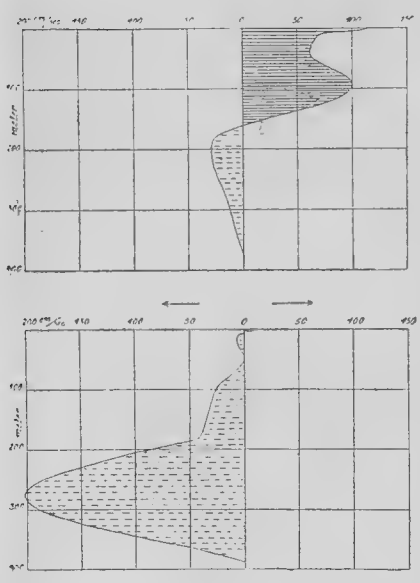
Въ поверхностномъ слоѣ весною, когда рѣчной стокъ всего сильнѣе, въ заливахъ Ботническомъ, Финскомъ и Рижскомъ, а также и въ самомъ морѣ замѣчается движеніе водъ къ выходу изъ моря въ Каттегатъ. Лѣтомъ же и въ первую половину зимы въ поверхностныхъ слояхъ замѣчается существованіе круговорота водъ противъ часовой стрѣлки, какъ въ самомъ морѣ, такъ и въ заливахъ Финскомъ и Ботническомъ; по восточному и южному берегамъ теченіе идетъ къ сѣверу и къ востоку, а вдоль сѣверныхъ и западныхъ береговъ оно идетъ на западъ и югъ, унося изъ моря опрѣсненную воду. Въ такомъ движеніи водъ сказывается большое вліяніе господствующихъ вѣтровъ, которые въ концѣ лѣта и осенью дуютъ съ увеличивающеюся силою главнымъ образомъ изъ южной и юго-западной части компаса.

Вѣтры въ Балтійскомъ м. оказываютъ такимъ образомъ большое вліяніе на поверхностныя теченія, безусловно пересиливая лѣтомъ и осенью вліяніе разности плотностей, стремящейся всю воду поверхностныхъ слоевъ направлять къ выходу изъ моря. Этотъ примѣръ еще разъ доказываетъ преобладающее значеніе вѣтровъ, какъ причины поверхностныхъ теченій. Вполнѣ понятно, почему при этомъ образуется въ поверхностномъ слоѣ движеніе противъ часовой стрѣлки; оно получается вслѣдствіе вліянія уклоняющей силы вращенія земли на оси.

Скорости поверхностныхъ теченій Балтійскаго м. не велики, 0,2 морск. миль въ часъ (10 сант. въ сек.) есть уже большая скорость, чаще она меньше. Наибольшія скорости наблюдались въ узкостяхъ Аландскихъ о-въ, гдѣ, случалось, теченіе доходило до 4 морск. миль въ часъ (200 сант. въ сек.).

Въ *Гибралтарскомъ* пр. существуетъ два теченія,—поверхностное, идущее изъ Атлантическаго ок., и глубинное, изъ Средиземнаго м. въ океанъ. Каждое изъ нихъ отклоняется вправо, и поверхностное съ менѣе солеными водами океана проходитъ подъ африканскимъ берегомъ (см. стр. 169), а глубинное придерживается берега Испаніи. На эти два теченія, которыя были представлены на продольномъ разрѣзѣ пролива (см. фиг. 67, стр. 170), имѣютъ большое вліяніе приливо-отливныя теченія. Послѣднія настолько сильны, что, смотря по ихъ направленію, они, слагаясь то съ поверхностнымъ, то съ глубиннымъ теченіями, по очереди ихъ увеличиваютъ настолько, что противоположное теченіе становится очень незначительнымъ.

Фиг. 229.



Фиг. 230.

Теченія въ Гибралтарск. пр. Лѣвая стрѣлка показываетъ направленіе глубиннаго теченія, а правая—поверхностнаго.

Вліяніе приливо-отливныхъ теченій на размѣры и скорости постоянныхъ теченій въ Гибралтарскомъ пр. видно на слѣдующихъ чертежахъ (фиг. 229—230), гдѣ представлены результаты наблюденій скоростей теченій посрединѣ Гибралтарскаго пр. *) отъ поверхности до дна для моментовъ наибольшей скорости въ поверхностномъ и глубинномъ теченіяхъ. Какъ видно на чертежахъ, въ эти крайніе моменты явленія посрединѣ пролива, то поверхностное, то глубинное теченія берутъ перевѣсъ; при чемъ по-

*) Экспедиціи сэра Дж. Мёррея на *Michael Sars* въ 1910 г. Наблюденія продолжались въ теченіе полнаго приливнаго періода (29 и 30 Апр.) со шлюпки и съ судна на якорѣ приборомъ Экмана на разныхъ глубинахъ. Наблюденныя скорости на чертежахъ проектированы на плоскость, идущую вдоль пролива. Полная вода въ проливѣ была въ 5 ч. дня, а малая—въ 11 ч. дня. Отсюда слѣдуетъ, что наибольшая скорость поверхностнаго теченія изъ Атл. ок. случается черезъ 4 ч. послѣ полной воды при понижающемся уровнѣ; а наибольшая скорость поверхностнаго теченія изъ Средиз. м. бываетъ черезъ 3 или 4 часа послѣ малой воды, т.-е. уже при повышающемся уровнѣ.

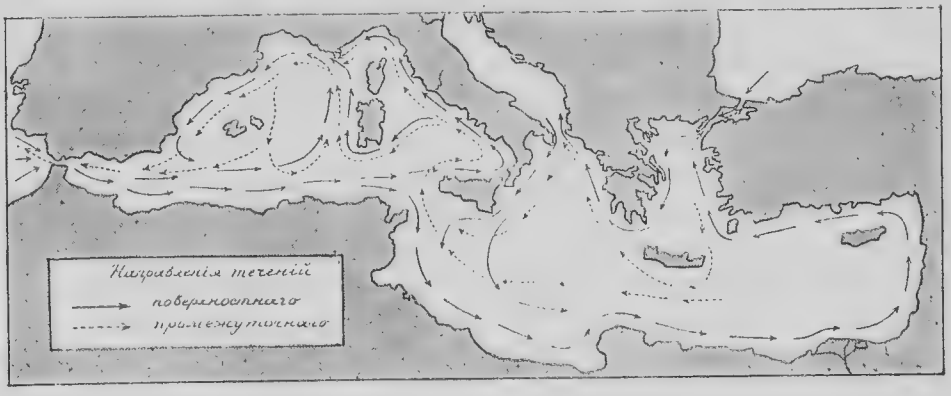
слѣднее вообще сильнѣе, и когда перевѣсъ на его сторонѣ (фиг. 230), то оно занимаетъ почти всю толщу воды въ проливѣ.

Тяжелыя и теплыя воды Средиземнаго м. по выходѣ въ океанъ, какъ уже это было указано выше, уклоняются вправо и двигаются на сѣверъ вдоль материковаго склона Европы до широты Ирландіи (см. гидрологич. разрѣзъ, фиг. 176, стр. 438), нагрѣвая всю глубокую котловину океана между Европою и срединнымъ меридіанальнымъ поднятіемъ дна въ океанѣ.

Количество воды, несомой поверхностнымъ и подводнымъ теченіями въ Гибралтарскомъ пр., опредѣляется приблизительно слѣдующими цифрами. Изъ Атлантическаго ок. поверхностное теченіе приноситъ за годъ около 59.200 куб. кил., а нижнимъ теченіемъ вытекаетъ изъ моря въ океанъ около 56.200 куб. кил. Около 2.200 куб. кил. ежегодно вносится въ море рѣками и осадками, и около 5.200 куб. кил. испаряется. Избытокъ испаренія, составляющій $5.200 - 2.200 = 3.000$ куб. кил., возмѣщается поверхностнымъ теченіемъ, вносящимъ на 3.000 куб. кил. больше, нежели уходитъ изъ моря нижнимъ теченіемъ. Количество вносимой воды черезъ Гибралтарскій пр. такъ велико, что, если бы оно не уравновѣшивалось расходомъ воды нижнимъ теченіемъ и испареніемъ, то за годъ оно бы повысило уровень моря на 20 метр.

Скорости обоихъ теченій больше лѣтомъ, когда и испареніе больше.

Въ *Средиземномъ* м. *) поверхностныя теченія въ общемъ обходятъ все море противъ часовой стрѣлки (фиг. 231); при чемъ воды, притекающія черезъ Гибралтарскій пр. поверхностнымъ теченіемъ, идутъ на



Фиг. 231. Теченія Средиземнаго моря.

*) О теченіяхъ въ Средиземномъ м., Дарданеллахъ, Мраморномъ м., Босфорѣ и Черномъ м. по русскимъ трудамъ: Экспед. Имп. Русск. Географ. Общ. „Матеріалы по гидрологіи Мраморнаго м.“ І. Б. Шпиндлеръ, 1896 г.; „Объ обмѣнѣ водъ Чернаго и Средиз. м.“, С. О. Макарова, 1885 г.; „Матеріалы по гидрологіи Чернаго м.“, І. Б. Шпиндлеръ, 1899 г.; и по работамъ I. Schmidt „Report on the Danish oceanographical expedition 1908—1910“ и друг.

востокъ ближе къ берегу Африки (подъ вліяніемъ уклоняющей силы земли) и образуютъ въ Балеарскомъ и Тирренскомъ моряхъ два круговорота съ циклоническимъ направленіемъ движенія. Въ ниже лежащемъ промежуточномъ слоѣ до глубинъ около 1.000—1.500 м. (на картѣ пунктирныя стрѣлки) существуетъ теченіе, идущее на западъ, оно-то и образуетъ въ Гибралтарскомъ пр. нижнее теченіе. На приложенной карточкѣ показаны эти двѣ системы теченій, какъ онѣ опредѣлились изъ послѣднихъ изслѣдованій.

Главною причиною теченій въ Средиземномъ м. служитъ, повидимому, испареніе, уносящее большой слой воды, вслѣдствіе чего появляется притокъ воды изъ Атлантическаго ок., такъ какъ рѣки и осадки доставляютъ менѣе половины испаряющейся воды.

Въ *Дарданеллахъ* поверхностное теченіе идетъ изъ Мраморнаго м. въ Эгейское м. съ довольно значительною скоростью, въ среднемъ около 1,5 морск. миль въ часъ, а при попутныхъ NE вѣтрахъ въ наиболѣе узкомъ мѣстѣ пролива и до 3—5 м.м. въ часъ. Поверхностное теченіе идетъ слоемъ около 10—22 метр. (толще на сѣверѣ и тоньше на югѣ и нерѣдко, подъ вліяніемъ боковыхъ вѣтровъ, разной толщины у азіатскаго и европейскаго береговъ); имъ выносятся къ югу менѣе соленыя воды Мраморнаго м. (21—23‰). При продолжительныхъ и свѣжихъ южныхъ вѣтрахъ случается, что теченіе въ проливѣ на поверхности идетъ изъ Эгейскаго м. въ Мраморное.

Въ нижнемъ гораздо болѣе мощномъ слоѣ (глубина въ Дарданеллахъ около 50—70 м.) течетъ изъ Эгейскаго м. соленая вода Средиземнаго м. (38,0—38,8‰); такъ какъ толщина слоя нижняго теченія больше, то и скорость его меньше, въ среднемъ около 0,7 морск. м. въ часъ.

Въ *Мраморномъ* м. въ поверхностномъ слоѣ небольшой мощности (12—22 м. = 6—11 м. с.) почти во всѣхъ частяхъ моря существуетъ теченіе, идущее отъ Босфора къ Дарданелламъ. Оно несетъ воду (21,5—22‰), получившуюся отъ перемѣшиванія слабо соленой поверхностной воды Чернаго м. (16—18‰) съ соленою водою нижнихъ слоевъ Мраморнаго м. (38‰).

Подъ этимъ тонкимъ поверхностнымъ слоемъ лежитъ другой значительной толщины и большой солености (болѣе 38,4‰), представляющій воду Эгейскаго м., пришедшую нижнимъ Дарданелльскимъ теченіемъ. Въ этомъ слоѣ существуетъ медленное движеніе къ Бо-

сфору, у входа въ который эта вода даетъ начало нижнему теченію въ Босфорѣ *).

Въ *Босфорѣ* также существуетъ два теченія. Поверхностное идетъ въ Мраморное м. и несетъ слабо соленую воду Чернаго м. со среднею скоростью 1,5—2,5 морск. м. въ часъ (наиб. 3,5 м.м.). Толщина слоя поверхностнаго теченія различная и колеблющаяся, обычно у Константинополя она меньше, а при входѣ изъ Чернаго м. въ два раза больше (20 м. и 49 м.), вообще, повидимому, наклонъ поверхности, раздѣляющей поверхностное теченіе отъ подводнаго, всегда направленъ къ Черному морю.

Нижнее теченіе въ Босфорѣ идетъ изъ Мраморнаго м. въ Черное м.; оно несетъ соленую воду (35,1—36,7‰) изъ нижнихъ слоевъ Мраморнаго м. Эта вода, будучи тяжелѣе воды Чернаго м., опускается при выходѣ изъ Босфора внизъ, перемѣшивается съ мало соленою водою поверхностнаго слоя и образуетъ постепенно воду большихъ глубинъ Чернаго моря (22,1—22,5‰). Средняя скорость нижняго Босфорскаго теченія около 1,6 морск. м. въ часъ.

И въ Босфорѣ, какъ и въ Дарданеллахъ, бываютъ случаи, когда теченіе на поверхности идетъ съ юга на сѣверъ. Обыкновенно это случается при свѣжихъ южныхъ вѣтрахъ, но бываетъ и въ штиль. Во всякомъ случаѣ подобная перемѣна направленія поверхностнаго теченія продолжается не долго.

Причиною нижняго теченія въ Босфорѣ, какъ и въ Дарданеллахъ, служитъ разность плотностей воды на одинаковыхъ глубинахъ въ Черномъ и Эгейскомъ моряхъ. Верхнее же теченіе въ Босфорѣ происходитъ отъ нѣсколькихъ причинъ, но главнѣйшая есть избытокъ прѣсныхъ водъ, доставляемый многочисленными рѣками, впадающими въ Черное м. **). Распредѣленіе вѣтровъ надъ моремъ тоже способствуетъ усиленію поверхностнаго теченія въ Босфорѣ.

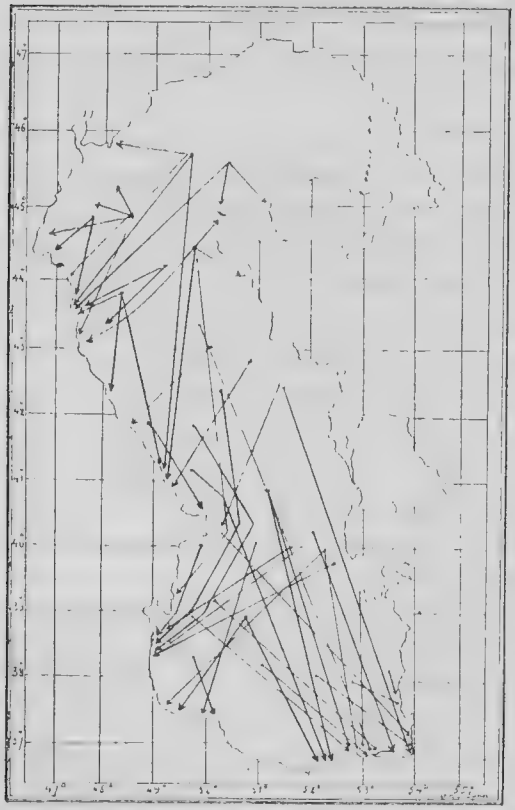
---

*) Согласно наблюденіямъ датской океаногр. эксп. 1908—10 гг., лѣтомъ соленыя и теплыя воды, пришедшія изъ Эгейскаго м., образуютъ промежуточный слой между мало соленымъ поверхностнымъ и придоннымъ слоемъ. Зимою же, при температурахъ около 13°, воды Эгейскаго м. становятся тяжелѣе нижнихъ водъ Мраморнаго м., и потому онѣ прямо изъ Дарданеллъ опускаются внизъ.

**) За вычетомъ расхода на испареніе, избытокъ получаемой Чернымъ м. прѣсной воды осадками и рѣками составляетъ около 460 куб. кил. въ годъ. Это количество воды можетъ поднять уровень моря на 101 сант., чего вполнѣ достаточно для объясненія возникновенія и скорости поверхностнаго теченія.

Въ *Черномъ* м. поверхностныя теченія образуютъ два круговорота,— одинъ въ западной части моря, а другой въ восточной, и оба циклоническаго характера. Въ западной части моря теченіе идетъ изъ сѣверной части его вдоль Балканскаго пол-ва на S сперва широкою струею (на 44° с. ш. до 50 м.м.), а потомъ болѣе узкою со среднею скоростью 8—9 м.м. Часть воды этого теченія уходитъ въ Босфоръ, а другая часть идетъ на E и, встрѣтивъ изгибъ берега Малой Азіи (у м. Эрегли), принимаетъ направленіе на NE и N, пересѣкаетъ море къ берегу Крыма и здѣсь (у м. Херсонесъ) заворачиваетъ къ W и идетъ къ дельтѣ Дуная.

Въ восточной части моря на сѣверѣ теченіе идетъ изъ Керченскаго пр. вдоль берега Крыма (уклоняется вправо) и у его южной оконечности дѣлится на три вѣтви, одна идетъ по берегу Крыма до Евпаторіи, другая направляется къ устью Дуная, а третья идетъ на S и SE (къ Синопу) и затѣмъ вдоль берега Малой Азіи на E, доходитъ до Батума и заворачиваетъ тамъ вдоль берега Кавказа на N до Керченскаго пр. Средняя скорость теченія у Кавказа достигаетъ 10—12 м.м., вообще лѣтомъ скорости больше, потому что притокъ рѣчной воды больше. Внутри круговоротовъ теченія очень незначительны. Главныя причины поверхностныхъ теченій есть вѣтры и притокъ прѣсной воды.



Фиг. 232. Пути бутылокъ.

Въ *Керченскомъ* пр. также бываютъ двойныя теченія, но большею частью теченіе идетъ отъ поверхности до дна изъ Азовскаго м., а при свѣжихъ вѣтрахъ изъ S половины компаса, оно замѣщается теченіемъ изъ Чернаго м. съ болѣе соленою водою.

Въ *Каспійскомъ* м. поверхностныя теченія, какъ это видно на прилагаемой карточкѣ (фиг. 232), гдѣ показаны нѣкоторыя, болѣе характерные пути плаванія бутылокъ *), въ сѣверной части моря идетъ главнымъ образомъ на SW и далѣе на S по кавказскому берегу. Въ южной части моря, повидимому, существуетъ круговоротъ циклоническаго характера. Теченіе идетъ на S по западному берегу, поворачиваетъ на E и поднимается на N вдоль восточнаго берега. Причинами возникновенія теченій служатъ: большой притокъ прѣсныхъ водъ въ сѣверную часть моря, большое испареніе въ южной части его и распредѣленіе вѣтровъ.

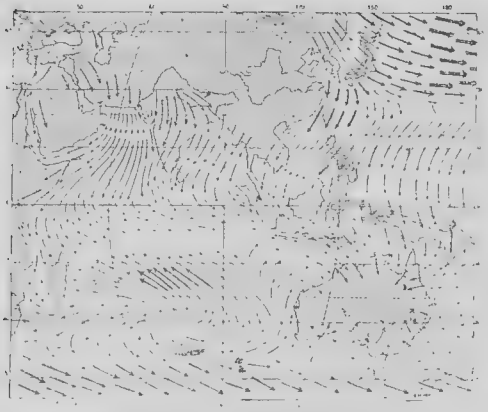
Теченія Индійскаго океана.—Въ Индійскомъ ок. поверхностныя теченія можно раздѣлить на три отдѣла: теченія муссонныя, теченія южнаго полушарія и теченія морей.

Обзорная карта теченій для лѣта и зимы сѣвернаго полушарія (фиг. 197—198, стр. 488—489) даетъ общую картину теченій океана; кромѣ того, карты сѣверной части океана (фиг. 177, 178, 179, стр. 445—447) и Игольнаго теченія (фиг. 180, стр. 448) дополняютъ свѣдѣнія о теченіяхъ Индійскаго ок.

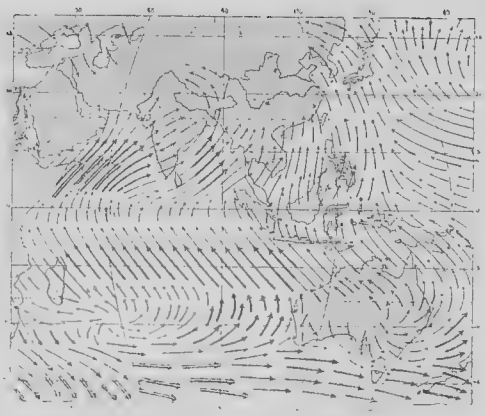
I.—*Муссонныя теченія Индійскаго ок.*—Между 10° ю. ш. и материкомъ Азіи надъ Индійскимъ ок. господствуютъ каждый годъ періодическіе вѣтры—муссоны, дующіе съ Октября по Мартъ отъ NE, а съ Апрѣля по Сентябрь отъ SW въ сѣверномъ полушаріи и отъ NW и SE въ соотвѣтственные мѣсяцы между экваторомъ и 10° ю. ш. Именно существованіе надъ этой частью океана періодическихъ вѣтровъ и обусловливаетъ образованіе здѣсь системы періодическихъ теченій въ поверхностныхъ слояхъ океана, чѣмъ еще разъ подтверждается большое значеніе вѣтровъ, какъ причины теченій.

На приведенныхъ ниже картахъ вѣтровъ для серединъ зимы и лѣта сѣвернаго полушарія показаны измѣненія, происходящія при переходѣ отъ лѣта къ зимѣ въ воздушныхъ теченіяхъ (фиг. 233—234); если ихъ сравнить съ картами океаническихъ теченій (фиг. 197—198, стр.

*) Бутылки бросались частью экспед. для изученія рыболовства въ Каспійскомъ м. въ 1904 г., а главнымъ образомъ по почину Гл. Гидрографич. Упр. Морск. вѣдомства въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ подъ рядъ съ маяковъ и плавающихъ судовъ. Изъ числа бутылокъ, брошенныхъ въ 1904 въ Апрѣлѣ, Маѣ и Іюнѣ, найдено 53; а изъ брошенныхъ по порученію Гл. Гидрогр. Упр. было найдено 108 бутылокъ.



Фиг. 233. Вѣтры Индійскаго и зап. Тихаго ок. зимою сѣвернаго полуш.



Фиг. 234. Вѣтры Индійскаго и зап. Тихаго ок. лѣтомъ сѣвернаго полуш.

Тонкія и короткія стрѣлки соотвѣтствуютъ скорости менѣе 7 м. въ сек., тонкія длинныя 7—9 м., толстыя—9—12 м., двойныя болѣе 12 м. Длинныя стрѣлки—устойчивые вѣтры.

488—489), то зависимость океаническихъ теченій отъ воздушныхъ становится очень замѣтною, и притомъ не только въ области муссонныхъ теченій, но и въ другихъ областяхъ океана.

А.—*Муссонныя теченія Индійскаго ок., въ зиму сѣвернаго полушарія* (карты фиг. 197, стр. 488—489). Муссонныя теченія въ зиму сѣвернаго полушарія къ сѣверу отъ экватора въ общемъ идутъ на западъ (надъ океаномъ дуетъ NE муссонъ). Въ Октябрѣ начинаетъ устанавливаться NE муссонъ, поверхностныя же теченія въ это время отличаются неправильностью и начинаютъ устанавливаться только въ Ноябрѣ. Въ Бенгальскомъ зал. теченія въ сѣверной части неправильны, а въ южной части отъ Малаккскаго пр. къ Цейлону и къ югу отъ него теченія идутъ на W со скоростью 50—70 м.м.

Въ Аравійскомъ м. теченіе идетъ на W и WSW со среднею скоростью 10—20 м.м., и, подойдя къ берегу Африки (берегъ Сомали), усиливается, доходя до скоростей 50—70 м.м. Это Сомалійское теченіе, перейдя экваторъ, встрѣчается съ вѣтвью экваторіальнаго теченія, идущею съ юга, и заворачиваетъ на E, образуя *Экваторіальное противотеченіе*. Оно пересѣкаетъ океанъ между 0°—10° ю. ш. и у береговъ Суматры бываетъ довольно значительной скорости (40—60 м.м.); здѣсь оно частью идетъ къ N, а главнымъ образомъ заворачиваетъ на S и соединяется съ Экваторіальнымъ теченіемъ (см. фиг. 179, стр. 447). Муссонныя теченія зимней половины года съ Марта мѣсяца начинаютъ

ослабѣвать (муссонъ дуетъ правильно только до конца Февраля), а въ Апрѣлѣ начинается смѣна теченій.

Б.—*Муссонныя теченія въ лѣто сѣвернаго полушарія* (см. карту фиг. 198, стр. 488—489, а также фиг. 177 и 178, стр. 445—446). Съ Мая мѣсяца въ сѣверномъ полушаріи устанавливаются теченія приблизительно обратнаго направленія.

У берега Африки Экваторіальное теченіе, встрѣтивъ материкъ, раздѣляется, и одна его вѣтвь идетъ на N вдоль Сомалійскаго берега. Перейдя экваторъ, она получаетъ большую скорость и устойчивость, подъ вліяніемъ свѣжаго здѣсь SW муссона (см. фиг. 234, стр. 538), составляющаго продолженіе SE муссона и пассата южнаго полушарія. Скорость этой части муссонныхъ теченій (вдоль берега Африки) въ среднемъ около 40 м.м., а наибольшая доходитъ 80—120 м.м.

Между Африкою и Цейлономъ теченіе идетъ на востокъ со скоростью 25—50 м.м. Къ югу отъ Цейлона скорость снова увеличивается и, случается, достигаетъ 70—80 м.м.; дойдя до берега Суматры, теченіе заворачиваетъ на S и присоединяется къ Экваторіальному. Въ Бенгальскомъ зал. теченія имѣютъ направленіе на NE и скорость 10—40 м.м.

Такой характеръ теченія сохраняютъ все время отъ Мая до Сентября; въ Октябрѣ они начинаютъ слабѣть и становятся менѣе правильными прежде всего въ Аравійскомъ м. и Бенгальскомъ зал., а въ Ноябрѣ начинаютъ устанавливаться теченія обратныхъ направленій.

Всѣ муссонныя теченія Индійскаго ок. принадлежатъ къ теченіямъ теплымъ и являются чисто-дрейфовыми, возбуждаемыми исключительно муссонными вѣтрами. То обстоятельство, что муссонныя теченія требуютъ для своего установленія и достиженія наибольшей силы около 2,5—3-хъ мѣсяцевъ, вполнѣ согласуется съ условіями дрейфовой теоріи теченій Экмана, какъ это было указано выше (см. стр. 470). Видоизмѣненія и отклоненія, замѣчаемыя въ муссонныхъ теченіяхъ, обязаны своимъ происхожденіемъ вліянію очертаній и расположеній береговъ въ той части Индійскаго ок., гдѣ эти теченія бываютъ. Изслѣдованія особенностей этихъ теченій (напр., теченія Сомалійскаго), произведенныя въ послѣднее время, показали, что, въ предѣлахъ точности имѣющагося матеріала, они вполнѣ соотвѣтствуютъ условіямъ теоріи дрейфовыхъ теченій Экмана, т.-е. подтверждаютъ ее.

II.—*Теченія южнаго полушарія Индійскаго ок.* — Экваторіальное теченіе существуетъ въ Индійскомъ ок. только въ южномъ полушаріи, и его сѣверная граница приходится около 10° ю. ш. Такимъ образомъ оно смѣщено значительно къ югу сравнительно съ другими океанами, что̀ есть послѣдствіе существованія къ сѣверу отъ 10° ю. ш. сильно развитой области муссоновъ. Въ Индійскомъ ок. SE пассатъ лежитъ на 10° южнѣе, нежели въ двухъ другихъ океанахъ, гдѣ его область доходитъ до экватора, и Экваторіальное теченіе Индійскаго ок. тоже лежитъ на 10° южнѣе *). Совпаденіе Экваторіальнаго теченія съ областью SE пассата еще разъ убѣждаетъ въ томъ, что экваторіальныя теченія вообще есть дрейфовыя теченія, возбуждаемыя пассатами.

Экваторіальное теплое теченіе идетъ отъ Австраліи до Мадагаскара зимою сѣвернаго полушарія съ нѣсколько большею скоростью; средняя скорость его около 35 м.м., а наибольшая 50—60 м.м. Южная граница теченія мало опредѣленна. У Мадагаскара теченіе раздѣляется, одна вѣтвь проходитъ къ сѣверу отъ острова и противъ мыса Дельгадо (10° ю. ш.) на берегу Африки раздѣляется въ свою очередь на двѣ части (оба случая раздѣленія теченія на части есть слѣдствіе вліянія очертанія береговъ). Часть теченія, идущая къ сѣверу вдоль берега Африки, зимою сѣвернаго полушарія не доходитъ до экватора, а, встрѣтивъ муссонное теченіе, переходящее изъ сѣвернаго полушарія въ южное, образуетъ съ нимъ вмѣстѣ Экваторіальное противотеченіе, о которомъ уже сказано выше.

Вторая часть сѣверной вѣтви Экваторіальнаго теченія, идущая отъ м. Дельгадо (вост. берегъ Африки, 10° ю. ш.) на югъ, уклоняющею силою земли прижимается къ Африкѣ и образуетъ *Мозамбикское* теченіе, отличающееся большою скоростью, особенно зимою сѣвернаго полушарія; средняя скорость около 40 м.м., а наибольшая зимою до 100 м.м. (по другую сторону пролива, ближе къ Мадагаскару, теченія менѣе правильны, нерѣдко идутъ на N и имѣютъ компенсаціонный характеръ).

Мозамбикское теченіе, продолжая итти на S вдоль берега Африки, переходитъ въ теченіе *Игольнаго мыса* (начиная отъ 30° ю. ш.), одно изъ самыхъ сильныхъ и устойчивыхъ теченій въ океанахъ (до 75%

*) Изслѣдованіе теченій Индійскаго ок., произведенное П. Галле, показало, что Экваторіальное теченіе совершенно слѣдуетъ законамъ, установленнымъ для дрейфовыхъ теченій В. Экманомъ, насколько вообще можно ожидать существованія въ природѣ, гдѣ дѣйствуетъ всегда нѣсколько причинъ, чисто-дрейфоваго теченія.

устойчивости, см. фиг. 180, стр. 448). Средняя скорость теченія около 50 м.м., а наибольшая доходитъ до 100—110 м.м. (лѣтомъ сѣв. пол., потому что въ это время года въ области Мозамбикскаго теч. дуютъ E и SE вѣтры). Игольное теченіе на меридіанѣ мыса того же имени (приблиз. на 20° в. д.) заворачиваетъ на S и E и омываетъ со всѣхъ сторонъ своими вѣтвями банку Игольнаго мыса, лежащую нѣсколько къ юго-востоку отъ мыса (еще въ 36° параллели теченіе идетъ на W, а уже на 38° ю. ш. оно направляется къ E). Здѣсь это теплое теченіе встрѣчается съ холодными водами, притекающими изъ Атлантическаго ок. (см. фиг. 227, стр. 528) и южныхъ широтъ, вслѣдствіе чего тутъ температуры воды на поверхности на близкихъ разстояніяхъ различаются нерѣдко на 4°—8° (къ юго-зап. отъ Ньюфаундлендской банки разности температуръ доходятъ до 15°), что̀ способствуетъ здѣсь, какъ и у Ньюфаундлендской банки, частому образованію тумановъ.

Далѣе на востокъ воды Игольнаго теченія смѣшиваются съ холодными водами, идущими изъ Атлантическаго ок., и образуютъ холодное *Поперечное* теченіе Индійскаго ок., идущее на востокъ со скоростью 10—25 м.м.

Къ Поперечному теченію съ сѣвера присоединяется теплое *Мадагаскарское* теченіе, представляющее вѣтвь Экваторіальнаго, отдѣлившуюся отъ него на 20° ю. ш. вслѣдствіе встрѣчи берега о-ва Мадагаскара (примѣръ вліянія очертанія береговъ на теченія). Скорость этого теченія небольшая, около 10—25 м.м. Оно своими теплыми водами, смѣшивающимися съ холодными Поперечнаго теченія, обусловливаетъ вдоль всей сѣверной окраины послѣдняго измѣнчивость температуры воды.

Подойдя къ Австраліи, часть Поперечнаго теченія идетъ далѣе на востокъ къ югу отъ нея, а часть поворачиваетъ на N подъ именемъ *Западно-австралійскаго* теченія со скоростями 15—30 м.м., теченіе это мало устойчиво и отличается низкою температурою воды, совершенно уподобляясь Бенгуельскому теченію въ Атлантическомъ ок.

Подойдя къ тропику, Западно-австралійское теченіе заворачиваетъ на W и даетъ начало Экваторіальному теченію, замыкая круговоротъ поверхностныхъ водъ въ южномъ полушаріи въ Индійскомъ ок.

Въ части океана, лежащей между южною окраиною Зондскаго архипелага и Австраліей, а также вдоль береговъ послѣдней до Торресова пр. господствуютъ приливныя теченія.

III.—*Теченія морей Индійскаго ок.* — Индійскій ок. бѣденъ морями, ихъ всего два: Красное м. и Персидскій зал.

Въ *Красномъ* м. теченія не имѣютъ правильнаго характера, а возникаютъ подъ вліяніемъ вѣтровъ, достигая иногда скорости до 30—40 м.м.

Въ *Бабъ-эль-Мандебскомъ* пр. существуетъ два теченія, подобно тому, какъ и въ Дарданеллахъ или Босфорѣ. Проливъ имѣетъ глубину около 200 м. (109 м. с.), и въ немъ отъ поверхности до глубинъ около 120 м. идетъ теченіе изъ Аденскаго залива въ Красное м. со скоростью до 2—2,5 м.м. въ часъ. Ниже же 120 м. существуетъ обратное теченіе изъ Краснаго м. приблизительно такой же скорости *). Приливо-отливныя теченія и здѣсь существуютъ, какъ и въ Гибралтарѣ, и оказываютъ свое вліяніе на усиленіе и ослабленіе постоянныхъ теченій.

Въ *Персидскомъ* зал. лѣтомъ теченіе идетъ изъ океана, а зимою изъ залива въ океанъ. Приливныя и отливныя теченія и здѣсь имѣютъ большое значеніе.

Теченія Тихаго океана. — Въ Тихомъ ок., какъ и въ Атлантическомъ, теченія могутъ быть раздѣлены на четыре отдѣла: теченія тропическаго пояса, теченія сѣвернаго полушарія, теченія южнаго полушарія и теченія морей.

Обзорная карта теченій для лѣта и зимы сѣвернаго полушарія (фиг. 194—195, стр. 488—489) даетъ общую картину теченій этого океана.

Теченія Тихаго ок., распредѣленныя на огромной поверхности его (46% Мірового ок.), вообще достигаютъ меньшихъ скоростей, нежели какія наблюдаются въ теченіяхъ Атлантическаго и Индійскаго ок.

I.—*Теченія тропическаго пояса Тихаго океана. — Сѣверное Эква-*

*) Это явленіе было предсказано въ 1883 г. нашимъ извѣстнымъ географомъ А. И. Воейковымъ и затѣмъ было подтверждено адмираломъ С. О. Макаровымъ во время его плаванія на *Витязѣ* въ 1886—1889 гг. Какъ было предположено А. И. Воейковымъ, теплое нижнее теченіе, идущее изъ Бабъ-эль-Мандебскаго пр. въ океанъ съ температурами до 24°,5, и есть причина высокихъ температуръ воды на значительныхъ глубинахъ во всей сѣверо-западной части Индійскаго ок. Здѣсь до глубинъ въ 1.000 м. встрѣчается температура въ 10°, чего не было наблюдаемо нигдѣ въ другомъ мѣстѣ въ открытыхъ океанахъ. Существованіе двойственныхъ теченій въ Бабъ-эль-Мандебскомъ пр. было затѣмъ подтверждено въ 1898 г. непосредственными наблюденіями этихъ теченій англійской экспедиціей на суднѣ *Stork*.

торіальное теченіе не имѣетъ ясно выраженнаго начала, оно становится замѣтнымъ отъ меридіана южной оконечности пол-ва Калифорніи. Теченіе идетъ поперекъ всего океана на W между параллелями 10° с. ш. и 20°—22° с. ш. до Филиппинскихъ о-въ на протяженіи 7.500 м.м. (около 14.000 к.). Южная граница теченія болѣе опредѣленна, нежели сѣверная; зимою сѣвернаго полушарія она лежитъ ближе къ экватору, а лѣтомъ—дальше отъ него. Среднія скорости отъ 12 до 24 м.м., лѣтомъ больше, чѣмъ зимою, и на южной окраинѣ больше, нежели на сѣверной. На своемъ пути поперекъ океана теченіе омываетъ архипелаги Маршальскій и Маріанскій и, подойдя къ Филиппинскимъ о-мъ, заворачиваетъ къ N.

Между сѣвернымъ Экваторіальнымъ теченіемъ и экваторомъ проходитъ *Экваторіальное противотеченіе* *), отличающееся въ Тихомъ ок. большимъ протяженіемъ и постоянствомъ. Оно сильнѣе и занимаетъ болѣе широкую полосу (5°—10° с. ш.), идущую поперекъ всего океана лѣтомъ сѣвернаго полушарія, а зимою того же полушарія оно слабѣе (см. фиг. 197—198, стр. 488—489) и въ то же время менѣе широко (5°—7° с. ш.). Скорость теченія лѣтомъ около 30 м.м. (случается, доходитъ до 50—60 м.м.), а зимою она 10—12 м.м. Подойдя къ Центральной Америкѣ, Экваторіальное противотеченіе зимою раздѣляется на двѣ вѣтви, которыя заворачиваютъ къ S и къ N, соединяясь каждое съ соотвѣтствующимъ Экваторіальнымъ теченіемъ, а лѣтомъ оно главнымъ образомъ поворачиваетъ на N и соединяется съ сѣвернымъ Экваторіальнымъ теченіемъ.

Южное Экваторіальное теченіе значительно сильнѣе и устойчивѣе сѣвернаго Экваторіальнаго. Теченіе начинается у Галапагоскихъ о-въ и идетъ на W; сѣверная граница его лежитъ на 1° лѣтомъ и на 3° зимою къ сѣверу отъ экватора, такъ же, какъ и въ Атлантическомъ ок.

Лѣтомъ сѣвернаго полушарія, когда надъ всѣмъ тропическимъ поясомъ въ южномъ полушаріи дуетъ SE пассатъ (въ западной части океана какъ SE муссонъ, см. фиг. 234, стр. 538), южное Экваторіальное теченіе идетъ во всю ширину океана между экваторомъ и тропикомъ до Ав-

*) Въ западной части океана Экватор. противотеченіе было открыто кап.-лейт. Ѳ. Литке въ 1826—1829 гг. во время кругосвѣтнаго плаванія на *Сенявинѣ;* а въ восточной части океана оно было замѣчено впервые англійскимъ мореплавателемъ Гёнтеромъ и кап.-лейт. И. Крузенштерномъ въ 1803—1806 гг. во время перваго русскаго кругосвѣтнаго плаванія на *Надеждѣ* и *Невѣ*.

стралій и Новой Гвинеи (см. фиг. 198, стр. 489), а къ сѣверу отъ послѣдней часть его заворачиваетъ на E, вливая свои воды въ Экваторіальное противотеченіе.

Зимою же сѣвернаго полушарія, когда надъ западною тропическою частью Тихаго ок. дуетъ N и NW муссонъ (см. фиг. 233, стр. 538), южное Экваторіальное теченіе хотя и доходитъ до Австраліи и Новой Гвинеи, но въ это время года оно слабѣе и менѣе правильно въ своей западной части (см. фиг. 198, стр. 489).

Общая длина южнаго Экваторіальнаго теченія около 8.500 м.м. (15.750 к.). Скорость теченія въ его восточной половинѣ не бываетъ менѣе 24 м.м., а случается доходитъ до 50 м.м., и даже иногда до 80 и 100 м.м. Въ западной же части южное Экваторіальное теченіе менѣе сильно, особенно зимою сѣвернаго полушарія, когда въ Австралійской области океана дуютъ муссоны изъ сѣверной половины компаса. Скорости теченія въ западной Австралійской части океана около 12 м.м.

Теченія тропической полосы Тихаго ок. образованы: оба экваторіальныхъ—пассатами, т.-е. эти теченія есть дрейфовыя; а экваторіальное противотеченіе есть настоящее компенсаціонное (восполняющее) теченіе.

II. — *Теченія сѣвернаго Тихаго океана.*—*Японское* теченіе или *Куросиво* *) (синее теченіе) образуется изъ сѣвернаго Экваторіальнаго теченія, которое, поворотивъ къ N, вслѣдствіе встрѣчи съ Филиппинскими о-ми, подходитъ къ о-ву Формоза и, начиная отсюда, называется Японскимъ теченіемъ или Куро-Сиво. У Формозы это теченіе шириною всего около 100 м.м. (185 к.), далѣе оно уклоняется вправо и идетъ западнѣе Ліу-Кіузскихъ о-въ къ Японскимъ о-мъ. Восточная окраина теченія менѣе опредѣленная, нежели западная, гдѣ замѣчается и рѣзкая разница въ поверхностныхъ температурахъ воды теченія и водъ, лежащихъ отъ него къ западу, подобно тому, какъ «холодная стѣна» у Гольфстрима, но не въ такой степени. Вообще Японское теченіе во многихъ отношеніяхъ подобно Гольфстриму.

Скорость Японскаго теченія въ началѣ около 35—40 м.м., а около Ліу-Кіузскихъ о-въ она доходитъ до 70—80 м.м. Лѣтомъ сѣвернаго по-

*) Теченіе было впервые замѣчено англійскимъ мореплавателемъ кап. Горъ въ 1779 г., участникомъ третьяго кругосвѣтнаго плаванія Кука; а потомъ кап.-лейт. Крузенштерномъ въ 1804 г. во время перваго русскаго кругосвѣтнаго плаванія.

лушарія, при попутномъ муссонѣ и условіи, что Экваторіальное теченіе расположено сѣвернѣе, скорость Японскаго теченія бываетъ больше, доходя иногда даже до 100 м. Температура воды теченія въ его началѣ въ Августѣ около 28°.

Подходя къ Японіи, теченіе проходитъ проливомъ Ванъ-Димена между о-мъ Нипономъ и Ліу-Кіузскими о-ми, расширяется и достигаетъ ширины въ 300 м.м., при чемъ скорость его уменьшается. У сѣверныхъ береговъ Нипона, между послѣднимъ и отошедшимъ вправо, въ океанъ, Японскимъ теченіемъ появляется холодное теченіе — Оя-сиво, идущее отъ Курильской гряды о-въ; его температура на нѣсколько градусовъ ниже, нежели Японскаго теченія.

Пройдя параллель сѣверной оконечности Нипона, Японское теченіе постепенно теряетъ свою силу, уклоняется вправо въ открытый океанъ и, начиная отсюда, называется западнымъ *дрейфомъ Японскаго теченія* *). Оно идетъ на E поперекъ океана между параллелями 40°—50° с. ш. со скоростью 10—20 м.м. Подойдя къ Америкѣ, теченіе раздѣляется, часть его заворачиваетъ на N вдоль берега Канады и Аляски, образуя теплое *Алеутское* теченіе, которымъ приносится къ берегамъ Алеутскихъ о-въ плавникъ, вынесенный въ океанъ азіатскими рѣками (см. фиг. 235, стр. 550). Скорость этого теченія незначительная.

Другая часть дрейфа Японскаго теченія заворачиваетъ на югъ и идетъ подъ именемъ *Калифорнскаго* теченія **) вдоль берега Америки (подобно Канарскому и Бенгуельскому теченіямъ въ Атлант. ок., Калифорнское теченіе есть компенсаціонное, возмѣщающее убыль воды, производимую сѣв. Экватор. теч.). Средняя скорость Калифорнскаго теченія 15 м.м. Пройдя параллель южной оконечности пол-ва Калифорнія (тропикъ), теченіе постепенно уклоняется къ SW и W и вливается въ сѣверное Экваторіальное теченіе.

Зимою сѣвернаго полушарія раздѣленіе дрейфа Японскаго теченія происходитъ у берега Америки на параллели 40° с. ш., при чемъ Калифорнское теченіе идетъ далѣе на югъ до своего соединенія съ сѣвернымъ Экваторіальнымъ теченіемъ.

Лѣтомъ же сѣвернаго полушарія раздѣленіе дрейфа Японскаго теченія происходитъ

*) Совершенно подобнымъ дрейфу Гольфстрима или Атлантическому теченію въ Атлант. ок., только здѣсь оно не усиливается, какъ Гольфстримъ, водами Антильскаго теченія, почему оно и слабѣе, нежели дрейфъ Гольфстрима.

**) Открыто во время второго кругосвѣтнаго плаванія европейцевъ англійскаго мореплавателя Дрэка въ 1579 г., бывшаго первымъ ихъ плаваніемъ въ сѣв. Тихомъ ок.

градусовъ на 7° сѣвернѣе, а Калифорнское теченіе раньше уклоняется къ SW, между нимъ и берегомъ Америки появляется полоса холодной воды, прежде приписывавшаяся холодному теченію, идущему съ сѣвера. Въ настоящее время эта область холодной воды около Санъ-Франциско и далѣе къ югу до 30° с. ш. объясняется поднятіемъ на поверхность холодной воды съ глубинъ, обусловливаемымъ господствующими вѣтрами, дующими параллельно берегу (NW). Согласно вѣтровой теоріи теченій Экмана, въ такомъ случаѣ на нѣкоторой глубинѣ образуется теченіе, идущее къ берегу, которое служитъ причиною поднятія болѣе холодной воды на поверхность (см. фиг. 188-а, стр. 475). Лѣтомъ тутъ около Санъ-Франциско температура воды на поверхности градусовъ на 6°—7° ниже, чѣмъ въ тѣхъ же широтахъ въ открытомъ океанѣ на разстояніи 400—500 м. отъ берега.

III.—*Теченія южнаго Тихаго океана.* — Южное Экваторіальное теченіе, встрѣтивъ берега Австраліи, даетъ вѣтвь, идущую къ югу вдоль Австраліи, подъ названіемъ *Восточно-австралійскаго* теченія *). Оно начинается около о-ва Новая Каледонія и идетъ на югъ до о-ва Тасманіи, гдѣ заворачиваетъ на E и омываетъ западные берега Новой Зеландіи, образуя въ Австралійскомъ м. водоворотъ противъ часовой стрѣлки. Теченіе это теплое, такъ какъ оно несетъ воды изъ тропическихъ широтъ. Скорость этого теченія очень незначительная (1—3 м.м.).

Въ зиму сѣвернаго полушарія часть этого водоворота, идущая на N вдоль береговъ Новой Зеландіи, огибаетъ послѣднюю съ сѣвера (со скоростью до 24 м.м.), заворачиваетъ на E и идетъ въ этомъ направленіи, омывая одной вѣтвью о-ва Кермадекскіе, лежащіе къ NE отъ Новой Зеландіи, а другою—о-въ Чатамъ, находящійся въ океанѣ къ востоку отъ Новой Зеландіи. Существованіе такого теченія подтверждается сходствомъ въ растительности на Кермадекскихъ о-хъ и на о-вѣ Чатамъ съ новозеландскою.

Лѣтомъ же сѣвернаго полушарія, большая часть водъ теченія, идущаго на N вдоль западнаго берега Новой Зеландіи, подойдя къ ея сѣверной оконечности, уклоняется къ W и образуетъ полный круговоротъ воды въ Австралійскомъ морѣ.

Нѣкоторая часть Восточно-австралійскаго теченія между Тасманіей и южною оконечностью Новой Зеландіи присоединяется къ *Поперечному* теченію южнаго Тихаго ок., которое идетъ изъ Индійскаго ок., огибая Австралію, Тасманію и Новую Зеландію съ юга. Далѣе это теченіе продолжаетъ двигаться на E, при чемъ его сѣверная граница лежитъ около 40° ю. ш. Здѣсь къ сѣверной окраинѣ теченія присоединяются болѣе теплыя воды, отпрыски южнаго Экваторіальнаго теченія; тогда какъ съ юга къ нему притекаютъ холодныя антарктическія воды, несу-

*) Впервые было указано адмираломъ И. Крузенштерномъ въ его трудѣ о высокихъ южныхъ широтахъ „Атласъ Южнаго моря“ 1824—1826 гг. съ объясненіями.

щія ледяныя горы*). Скорость Поперечнаго теченія не велика,—около 15 м.м. въ среднемъ (наиб. до 20 м.м.).

Это теченіе, подходя къ берегу Южной Америки, на параллели 50° ю. ш. раздѣляется на двѣ вѣтви, одна идетъ на S вокругъ м. Горна, другая же направляется къ сѣверу вдоль береговъ Чили и Перу подъ именемъ *Перуанскаго* или *Гумбольдтова* **) теченія.

Теченіе Гумбольдта особенно рѣзко выдѣляется низкою температурою своей воды, которая и обратила на него вниманіе первыхъ изслѣдователей. Западная, океаническая окраина теченія неопредѣленна, тогда какъ восточная идетъ не далеко отъ берега Америки. Мощность теченія, повидимому, очень значительна, около 1.800 м. ***). Температура около о-ва Чилое (Чилійскій архипелагъ, 42° ю. ш.) наблюдалась въ 13°, а нѣсколько южнѣе Лимы всего 19° (14° ю. ш.), на параллели же 5° ю. ш. около 23°, тогда какъ въ океанѣ въ той же широтѣ, но внѣ полосы теченія, температура около 27°. Вдоль самаго берега Америки несомнѣнно существуетъ подъемъ холодной воды съ глубинъ, которая еще болѣе понижаетъ температуры прибрежной воды (напр., у Калао, гавань Лимы, 12° ю. ш. наблюдали температуру воды на поверхности всего 13°,6). Скорость Гумбольдтова теченія не велика, около 12—15 м.м. Теченіе идетъ вдоль берега до 5° ю. ш., т.-е. до крайняго выступа берега Южной Америки къ западу, послѣ чего теченіе, уклоняясь влѣво, отходитъ отъ Америки, берегъ которой загибается тутъ къ востоку. Гумбольдтово теченіе далѣе омываетъ архипелагъ Галапагоскихъ о-въ, и его холодныя струи замѣчаются въ началѣ южнаго Экваторіальнаго теченія далеко на западъ отъ этихъ острововъ.

Перуанское или Гумбольдтово теченіе, по сліяніи съ южнымъ Экваторіальнымъ, замыкаетъ круговоротъ теченій южнаго Тихаго океана.

Другая же вѣтвь Поперечнаго теченія на 50° ю. ш. у Южной Америки уклоняется къ архипелагу Огненной Земли и огибаетъ Америку съ юга подъ именемъ теченія *мыса Горна,* отличающагося довольно значительною скоростью, около 30 м.м. (иногда доходитъ до 40—50 м.м.). Теченіе мыса Горна, обогнувъ Америку, идетъ въ Атлантическомъ ок. на NE и здѣсь несетъ многочисленныя ледяныя горы,

*) Впрочемъ, въ Тихомъ ок. количество ледяныхъ горъ, приносимыхъ въ умѣренныя широты, меньше, нежели въ Атлантич. ок.

**) По имени Александра Гумбольдта, впервые его замѣтившаго въ 1802 г.

***) По наблюденіямъ франц. моряка Дю Пти Туаръ въ 1837 г.

которыя не доходятъ до самаго мыса Горна миль на 60 (111 кил.) (см. фиг. 227, стр. 528, гдѣ теченіе м. Горна, сливающееся далѣе съ Поперечнымъ теч. Атл. ок., показано сплошными стрѣлками). Ледяныя горы приносятся сюда антарктическимъ теченіемъ большой мощности, такъ какъ онѣ сидятъ глубоко въ водѣ.

IV.—*Теченія морей Тихаго ок.*—Моря *Китайское* и *Желтое*, въ зависимости отъ господствующихъ въ нихъ муссонныхъ вѣтровъ (см. фиг. 233—234, стр. 538), имѣютъ и теченія періодическаго характера. А именно: зимою сѣвернаго полушарія, при NE муссонѣ, теченія идутъ на S и SW (въ Формозскомъ пр. и у Аннама съ большою скоростью); лѣтомъ же того же полушарія, при SW муссонѣ, теченія идутъ на NE и N (тоже съ большею скоростью около Аннама и въ Формозскомъ пр.).

Въ *Китайскомъ* м. зимою сѣвернаго полушарія при NE муссонѣ (съ Ноября по Мартъ) теченіе идетъ отъ Формозскаго пр. вдоль материка Азіи на S со скоростью 20—40 м.м., а у берега Аннама, гдѣ его струя всего уже, скорость доходитъ до 60—80 м.м. Здѣсь теченіе раздѣляется; одна вѣтвь идетъ на E къ Борнео и, поворотивъ около него на N, проходитъ вдоль Филиппинскихъ о-въ (скор. 10—40 м.м.), образуя круговоротъ противъ часовой стрѣлки.

Другая же вѣтвь теченія продолжаетъ итти къ S, въ Явскомъ м. она огибаетъ съ юга о-въ Борнео и, идя къ востоку (скор. 40—60 м.м.), проникаетъ въ другія моря Зондскаго архипелага (Флоресъ и Банда). Въ это время года черезъ проливы: Малаккскій, Зондскій и другіе вѣтви теченія изъ Зондскаго архипелага проходятъ въ Индійскій ок.

Въ это же время года (зимою сѣв. пол.) отъ Формозскаго пр. къ сѣверу въ *Желтомъ* м. существуетъ два теченія.

Первое—холодное теченіе (2°—3°) идетъ изъ Печилійскаго зал. вдоль материка Азіи на S и SW (скор. до 30—40 м.м.); оно въ Формозскомъ пр. придерживается берега Азіи (уклоняется вправо). Температура воды этого теченія въ проливѣ около 12°—19° (Февр.—Ноябрь), тогда какъ по другую сторону пролива, вдоль берега Формозы, температура воды всегда выше 18°—24° (Февр.—Ноябрь). Это есть слѣдствіе существованія здѣсь рукава теплой воды Японскаго теченія (Куро-сиво), которое такимъ образомъ омываетъ и восточный и западный берегъ Формозы.

Второе теченіе Желтаго м. образовано вѣтвью Японскаго теченія (Куро-сиво), отходящею отъ него влѣво (къ N отъ Ліу-Кіузскихъ о-въ) и идущею на NW вдоль Кореи. Такимъ образомъ и въ Желтомъ м. образуется круговоротъ противъ часовой стрѣлки.

Въ *Китайскомъ* м. лѣтомъ сѣвернаго полушарія при SW муссонѣ теченія идутъ почти въ обратномъ направленіи. Въ это время года почти во всемъ морѣ теченіе направляется на NE, но оно менѣе правильно и въ общемъ слабѣе теченій при NE муссонѣ, который дуетъ свѣжѣе SW-го. Но все-таки и въ это время года (Май—Авг.) скорость теченія доходитъ у береговъ Аннама до 50—60 м.м. и въ Формозскомъ пр. тоже до 50 м.м.

Въ *Желтомъ* м. при SW муссонѣ наблюдается общее движеніе водъ на N и NE вдоль Кореи, оно образовано вѣтвью Японскаго теплаго теченія совмѣстно съ теченіемъ, идущимъ на NE изъ Китайскаго м. черезъ Формозскій пр. У Шантунгскаго пол-ва наблюдается въ это время теченіе на SW (иногда до 30 м.м.).

Въ *Японскомъ* м. идетъ вѣтвь Японскаго теченія (Куро-сиво), входящая въ него съ юга черезъ Корейскій пр. подъ именемъ Цусимскаго теченія. Въ Японскомъ м. это теченіе уклоняется вправо и идетъ вдоль берега Японіи на N (иногда лѣтомъ со скоростью до 30—40 м.м.). Большая часть теплой воды Цусимскаго теченія выходитъ въ океанъ черезъ Сангарскій пр., остальное же теченіе идетъ на N до пр. Лаперуза (между о-ми Іессо и Сахалинъ) и черезъ него частью выходитъ въ Охотское м. (придерживаясь правой стороны, т.-е. южнаго берега пролива Лаперуза). У береговъ материка въ Японскомъ м. наблюдаются холодныя воды, обусловливаемыя, по всей вѣроятности, поднятіемъ воды съ глубинъ. Во всякомъ случаѣ нѣкоторое движеніе водъ на югъ вдоль русскихъ береговъ и части Кореи существуетъ, какъ это видно на прилагаемой уменьшенной копіи карты плаванія (фиг. 235, стр. 550) бутылокъ, составленной генераломъ М. Е. Жданко на основаніи предпринятаго по его почину опыта ихъ бросанія. Судя по этой картѣ, подтверждается указаніе, что часть Цусимскаго теченія проходитъ вдоль Сахалина на сѣверъ въ Татарскій пр.

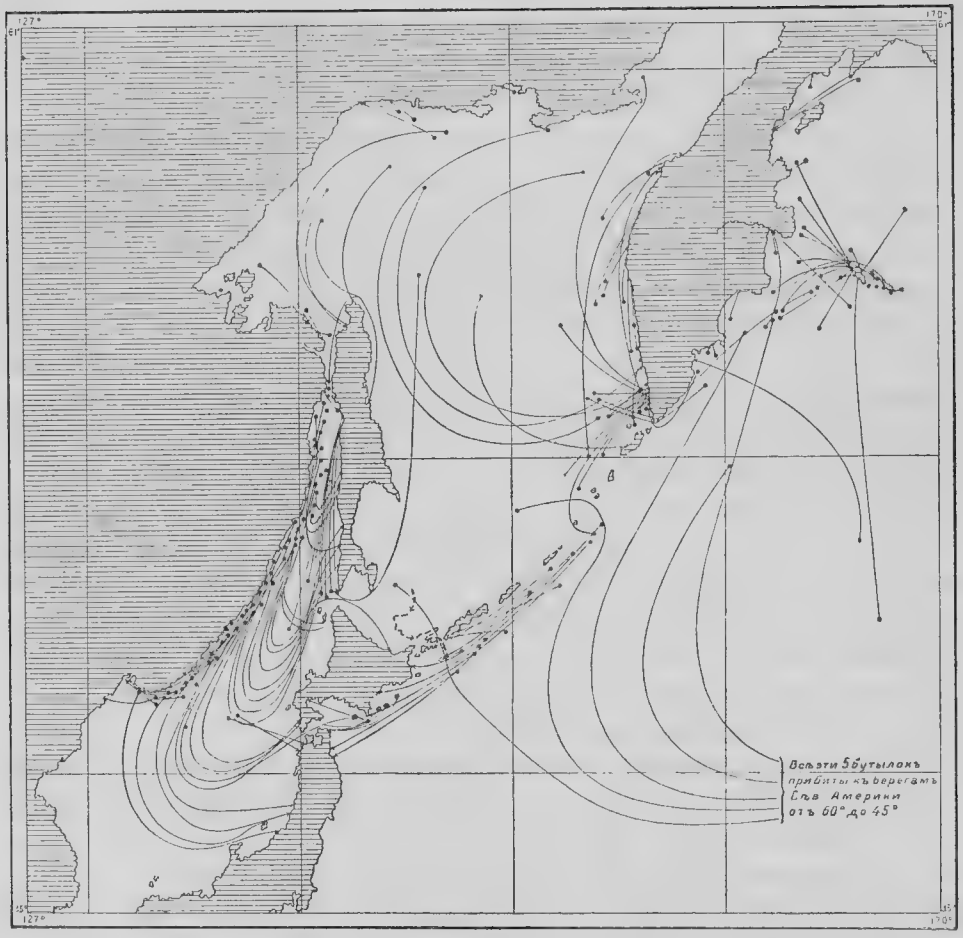
Недавно вышедшій вторымъ изданіемъ японскій атласъ теченій (1913 г.) показываетъ, что вообще скорость всѣхъ теченій Японскаго м. бываетъ больше лѣтомъ, нежели зимою.

Въ *Охотскомъ* м. теченіе вдоль западнаго берега Камчатки идетъ на N, а по берегу материка и Сахалина — на S, образуя круговоротъ противъ часовой стрѣлки. На картѣ (фиг. 235) пути плаваній бутылокъ подтверждаютъ существованіе такой системы теченій. Мнѣніе адмирала С. О. Макарова, обработавшаго всѣ прежнія данныя о водахъ сѣвернаго Тихаго ок. и его морей *), также подтверждаетъ высказанное выше представленіе о теченіяхъ Охотскаго м.

Около Сахалина, въ Удской губѣ и въ зал. Шелехова (губы Гижигинская и Пенжинская) наблюдаются сильныя приливо-отливныя теченія.

Въ *Беринговомъ* м. сколько-нибудь ясно выраженныхъ и сильныхъ теченій не существуетъ. По восточному берегу моря и вдоль Камчатки

*) „Витязь и Тихій океанъ", контръ-адм. С. О. Макарова, 1894 г



Фиг. 235. Пути бутылокъ въ Охотскомъ и Японскомъ м. и Тихомъ ок. по картѣ М. Е. Жданко.

замѣчается движеніе холодной воды на югъ, которое продолжается и далѣе вдоль океанической окраины Курильскихъ о-въ и сѣверныхъ Японскихъ, давая начало холодному теченію Оя-сиво, получающему также воду изъ Сангарскаго пр. отъ вѣтви Цусимскаго теченія. Такое движеніе водъ подтверждается и путями бутылокъ на картѣ М. Е. Жданко (фиг. 235), которыя въ Беринговомъ м. у берега Камчатки всѣ отнесены къ югу. Бутылки, брошенныя у Курильской гряды, также найдены всѣ южнѣе мѣста бросанія. Нѣсколько бутылокъ, брошенныхъ въ Беринговомъ м. и Охотскомъ м. и найденныхъ у береговъ Канады, очевидно,

были подхвачены дрейфомъ Куро-сиво и имъ занесены на другой берегъ океана (см. карту плаваній бутылокъ, фиг. 169, стр. 425).

Въ Беринговомъ проливѣ господствуютъ приливо-отливныя теченія такъ же, какъ и по всему американскому побережью этого моря.

Наблюденія вдоль гидрологическаго разрѣза поперекъ Берингова пр., произведенныя въ 1880 г. Далемъ*) и въ 1911 г. старшимъ лейтенантомъ Л. В. Сахаровымъ**), приводятъ къ одинаковому выводу. Въ западной части пролива температуры на глубинахъ ниже, а въ восточной выше; разницы температуръ доходятъ до 5°—7°; по наблюденіямъ русской экспедиціи удѣльный вѣсъ воды тоже больше въ восточной части пролива. Теченіе у берега Азіи имѣетъ направленіе на югъ, а у берега Америки—на сѣверъ. Послѣднее теченіе имѣетъ скорость, доходящую до 24 м. въ сутки. Русскія и американскія наблюденія произведены въ Сентябрѣ мѣсяцѣ. Относительно болѣе теплыя и большаго удѣльнаго вѣса воды, идущія на сѣверъ въ американской части пролива, вѣроятнѣе всего есть движеніе на N нагрѣтыхъ за лѣто мѣстныхъ водъ Берингова моря. Приливныя и отливныя теченія здѣсь должны оказывать большое вліяніе на теченія постояннаго характера.

Никакой вѣтви теплаго Японскаго теченія (Куро-сиво) не проходитъ въ Берингово м., и слѣдовательно такой вѣтви не можетъ быть и въ Беринговомъ проливѣ.

Непрерывное кольцо Восточнаго теченія въ большихъ южныхъ широтахъ всѣхъ трехъ океановъ и теченія въ антарктическихъ водахъ. — При описаніи системъ теченій южныхъ половинъ каждаго океана было указано на существованіе въ нихъ Поперечныхъ теченій, замыкающихъ съ южной стороны круговороты въ каждомъ океанѣ.

Достаточно одного взгляда на обзорную карту теченій (фиг. 197—198, стр. 488—489), чтобы замѣтить непрерывную связь между этими Поперечными теченіями трехъ отдѣльныхъ океановъ. При ихъ описаніи было указано, что къ нимъ съ южной стороны постоянно примыкаютъ струи воды антарктическаго происхожденія, увеличивая ихъ охлажденіе, и безъ того происходящее во время движенія ихъ водъ въ довольно

*) Начальникъ гидрографической партіи Coast and Geodetic Survey Соед. Штатовъ.

**) Помощникъ начальника гидрографической экспедиціи Сѣв. Ледов. ок. Главн. Гидрограф. Упр.

большихъ южныхъ широтахъ, гдѣ господствуютъ очень постоянные свѣжіе западные вѣтры.

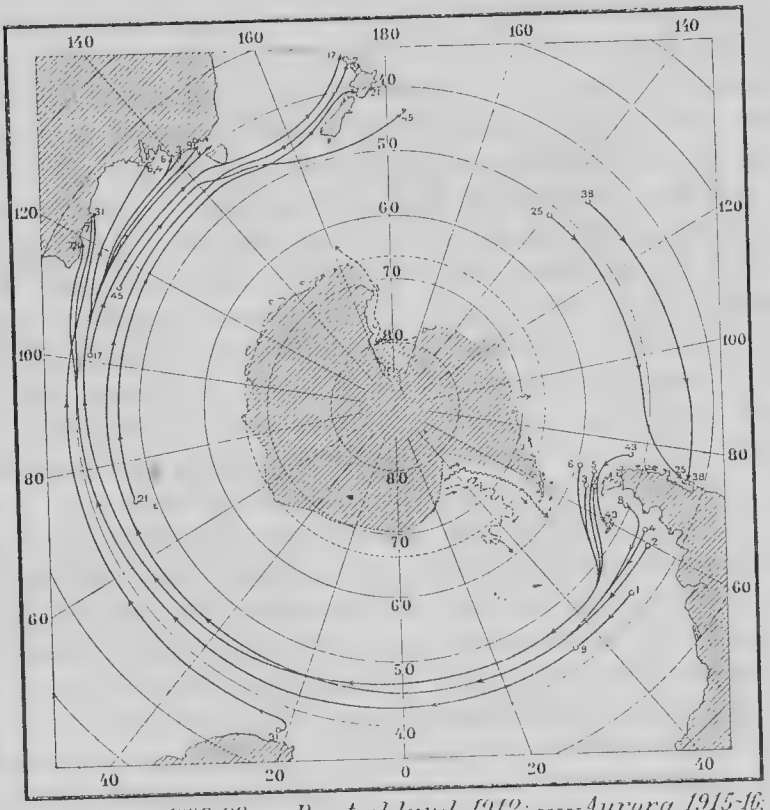
Поперечное теченіе Атлантическаго ок., подойдя къ южной оконечности Африки, какъ было указано выше, раздѣляется на двѣ вѣтви, сѣверная образуетъ Бенгуельское теченіе, а другая обходитъ Игольную банку съ юга и далѣе образуетъ въ Индійскомъ ок. *Поперечное* теченіе этого океана; подойдя къ Австраліи, оно въ свою очередь раздѣляется, частью образуя Западно-австралійское теченіе, а частью продолжаетъ итти на востокъ къ югу отъ Австраліи и о-въ Тасманіи и Новой Зеландіи. Въ Тихомъ ок. *Поперечное* теченіе у Южной Америки также раздѣляется, и часть его обходитъ м. Горнъ съ юга.

Такимъ образомъ *Поперечныя* теченія всѣхъ трехъ океановъ образуютъ сплошное кольцо теченій, охватывающее весь земной шаръ въ полосѣ между 40°—55° ю. ш. (у м. Горна и до 60° ю. ш.). Съ сѣверной стороны къ этому непрерывному круговому теченію примыкаютъ струи болѣе теплыхъ водъ *), почему вдоль сѣверной окраины теченія и наблюдаются рѣзкія колебанія температуры воды. Съ юга же въ то же теченіе вливаются мощные потоки холодныхъ антарктическихъ водъ, несущіе громадныя ледяныя горы, обломки безпредѣльныхъ антарктическихъ ледниковъ.

Существованіе подобной системы теченій въ антарктическихъ водахъ подтверждается также и дрейфомъ судовъ, затертыхъ льдами въ большихъ широтахъ, и дрейфомъ бутылокъ, показанныхъ на прилагаемой картѣ южнаго приполярнаго пространства (фиг. 236). На ней нанесены дрейфы четырехъ судовъ антарктическихъ экспедицій, которыя были затерты льдами и вмѣстѣ съ ними вынесены далеко на сѣверъ въ открытый океанъ, доказывая этимъ самымъ существованіе подобнаго движенія водъ къ сѣверу въ приповерхностныхъ слояхъ. При этомъ такое сѣверное теченіе одинаково замѣчается какъ въ южномъ Тихомъ ок. (около 160°—180° мерид. дрейфъ *Aurora*), такъ и въ южномъ Атлантическомъ ок. (около 40°—60° мерид. дрейфъ *Deutschland* и *Endurance*), т.-е. почти на діаметрально противоположныхъ сторонахъ Антарктиды **).

*) Въ Атл. ок. отъ Бразильскаго теч.; въ Индійскомъ—отъ Игольнаго и Мадагаскарскаго; въ Тихомъ—отъ разныхъ отвѣтвленій южнаго Экваторіальнаго.

**) На фиг. 236 дрейфъ *Deutschland* германской эксп. 1912 г. показанъ болѣе подробно, такъ же, какъ и *Belgica* бельгійской эксп. 1899 г., а для двухъ судовъ экспедиціи Шеклтона, *Aurora* и *Endurance*, дано только общее направленіе ихъ дрейфа, потому что ко времени изданія настоящаго труда были извѣстны только краткія описанія этихъ дрейфовъ.



Фиг. 236. Дрейфы бутылокъ и судовъ въ антарктическихъ водахъ.

Belgica была сперва унесена льдами къ западу, а потомъ къ сѣверу; двѣ французскія экспедиціи Шарко (въ 1903—1906 и 1908—1910 гг.) также испытывали въ южномъ Тихомъ ок. ближе къ полярному материку—сѣверное теченіе, а дальше отъ него NE теченіе. Въ южномъ Индійскомъ ок. экспедиціи *Challenger'a* и *Gauss'a* также нашли въ 60°-хъ широтахъ существованіе теченія, идущаго къ NE. Возникновеніе антарктическихъ теченій, весьма вѣроятно, обусловлено таяніемъ льдовъ (см. схему фиг. 238).

На той же картѣ (фиг. 236) показаны и дрейфы бутылокъ, изъ коихъ нѣкоторые отличаются громаднымъ протяженіемъ. Такъ бутылка № 2, брошенная около берега Патагоніи 16-го Дек. 1900 г., была найдена на западномъ берегу сѣвернаго острова Новой Зеландіи 9-го Іюня

1904 г., т.-е. спустя 1.271 день. Ея приблизительный путь составляетъ около 10.700 м.м. (кругло 20.000 к.), откуда средняя скорость получается около 8,5 м.м. (16 к.). Бутылки № 3, 4, 6, 7 отъ м. Горна и Патагоніи были принесены къ берегамъ южной Австраліи. Бутылка 9-я, брошенная въ тѣхъ же широтахъ въ Атлантическомъ ок. около 38° меридіана, найдена на сѣверномъ берегу Бассова пр.; а бутылка № 1— на юго-зап. берегу Австраліи. Бутылки, брошенныя въ полосѣ между 40° и 50° ю. ш. въ Индійскомъ ок. (21, 17, 45), найдены или на Новой Зеландіи или на о-вѣ Чатамъ (45-я). Бутылки, брошенныя въ Тихомъ ок. (25 и 38), найдены на берегахъ Чили, а бутылка 43-я обогнула м. Горнъ и найдена на Фалкландскихъ о-хъ. Были случаи нахожденія предметовъ и въ открытомъ морѣ; такъ, боченокъ съ ворванью съ китобоя *Ely* въ 1859 г. съ о-въ Гердъ, къ югу отъ о-въ Кергеленъ, черезъ два года былъ выловленъ въ морѣ къ востоку отъ этихъ о-въ другимъ китобоемъ, при чемъ за 510 дней плаванія боченокъ прошелъ путь около 4.400 м.м. (кругло 8.100 к.) со среднею скоростью 8,5 м.м. Скорость теченія, получаемая изъ данныхъ о плаваніяхъ бутылокъ, всегда нѣсколько меньше, нежели изъ непосредственныхъ судовыхъ опредѣленій, но это и должно быть, такъ какъ остается неизвѣстнымъ, сколько времени эти предметы пролежали на берегу, пока ихъ нашли. Да и въ открытомъ морѣ противное волненіе и вѣтеръ, возбудившіе хотя и временное, но противное теченіе, что̀ бываетъ нерѣдко въ океанѣ, должны задерживать плаваніе предметовъ, и слѣдовательно, выведенныя такимъ образомъ скорости теченія будутъ получаться меньше среднихъ скоростей, выводимыхъ изъ судовыхъ опредѣленій. Послѣднія даютъ 12—18 м.м. для разныхъ частей этого громаднѣйшаго кольца теченій Мірового океана.

Глубоководныя теченія во всѣхъ трехъ океанахъ и вертикальный круговоротъ воды въ каждомъ изъ нихъ. — Картина поверхностныхъ теченій океановъ есть только часть движеній океаническихъ водъ, захватывающихъ болѣе или менѣе только верхніе слои. Несомнѣнно, что существованіе теченій въ верхнихъ слояхъ океановъ должно служить одною изъ причинъ возникновенія движеній и на ихъ глубинахъ. При разсмотрѣніи теченій отдѣльныхъ океановъ были уже отмѣчены случаи существованія теченій на значительныхъ глубинахъ.

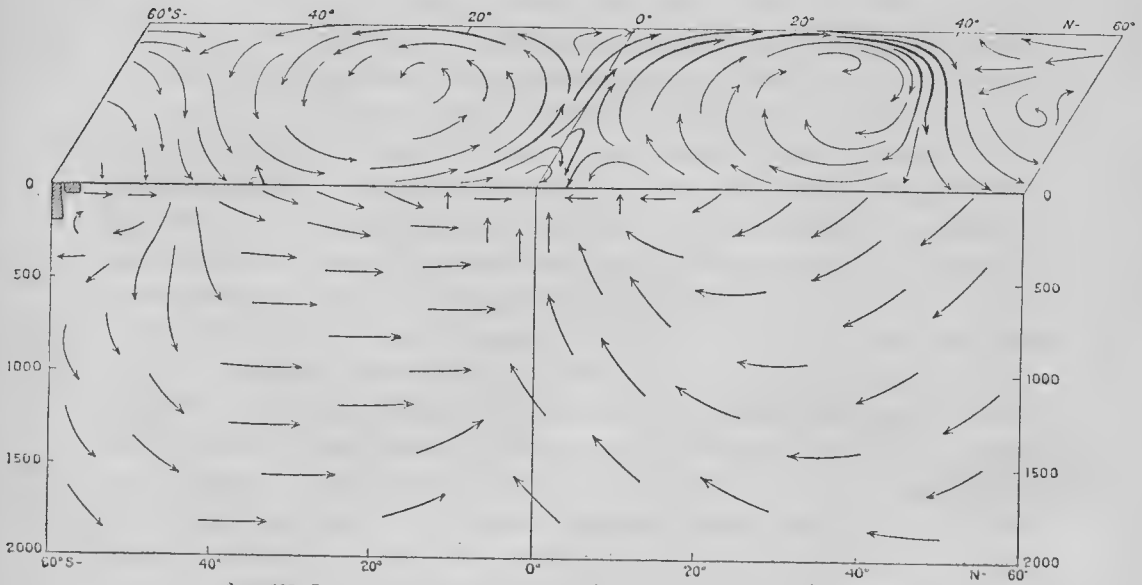
Для сужденія объ этихъ глубоководныхъ движеніяхъ водъ въ океанахъ пока еще не имѣется прямыхъ наблюденій, и приходится основываться на косвенныхъ указаніяхъ, главнымъ образомъ на распредѣленіи на глубинахъ температуры, солености, плотности и газовъ.

Наибольшее количество данныхъ имѣется, какъ и въ другихъ отношеніяхъ, для Атлантическаго ок. Выше, въ главахъ о солености и о температурахъ, были помѣщены продольные меридіанальные разрѣзы, показывающіе распредѣленіе этихъ элементовъ, а также и плотности на глубинахъ въ разныхъ широтахъ (см. фиг. 44—стр. 103; фиг. 45—стр. 105; фиг. 46 и 47 — стр. 111; фиг. 58 — стр. 146; фиг. 65—стр. 165). При описаніи этихъ разрѣзовъ были сдѣланы указанія на существованіе круговорота въ вертикальномъ направленіи въ Атлантическомъ ок. Дѣйствительно на разрѣзахъ, показывающихъ распредѣленіе солености и особенно плотности (фиг. 45—стр. 105) и температуры (фиг. 58—стр. 146), видно, что около экватора эти системы линій поднимаются къ поверхности, а въ широтахъ 20°—40° опускаются, указывая тѣмъ самымъ на существованіе восходящаго движенія водъ въ экваторіальной области и нисходящаго въ умѣренныхъ поясахъ.

Наблюденія надъ распредѣленіемъ газовъ на глубинахъ вполнѣ подтверждаютъ существованіе подобныхъ вертикальныхъ движеній (фиг. 58—стр. 146 и фиг. 65—стр. 165). Недостатокъ кислорода на глубинахъ 200—800 м. въ тропическихъ широтахъ и избытокъ его на тѣхъ же глубинахъ въ 40°—50° ш. показываетъ, что въ тропикахъ поднимаются воды, долго не бывшія въ соприкосновеніи съ воздухомъ и потому обѣднѣвшія кислородомъ, израсходовавшимся на окисленіе и поддержаніе жизни на глубинахъ.

На стр. 166 была приведена схема (фиг. 66) вертикальнаго круговорота водъ въ Атлантическомъ ок. согласно современнымъ воззрѣніямъ на этотъ вопросъ, здѣсь же помѣщена еще другая подобная схема для Атлантическаго ок.; она рисуетъ совмѣстно схему поверхностнаго круговорота теченій и вертикальнаго обмѣна водъ (фиг. 237, стр. 556). На этой схемѣ видно соотношеніе, существующее между этими двумя движеніями водъ въ океанѣ.

Если разсмотрѣть разрѣзы, показывающіе распредѣленіе температуры на глубинахъ вдоль меридіана въ Индійскомъ ок. (фиг. 59 стр. 147) и въ Тихомъ ок. (фиг. 60—стр. 148), то и тамъ вертикальное распредѣленіе температуры будетъ такое же, какъ и въ Атлантиче-



Фиг. 237. Схема поверхностнаго и глубиннаго круговоротовъ воды въ океанахъ.

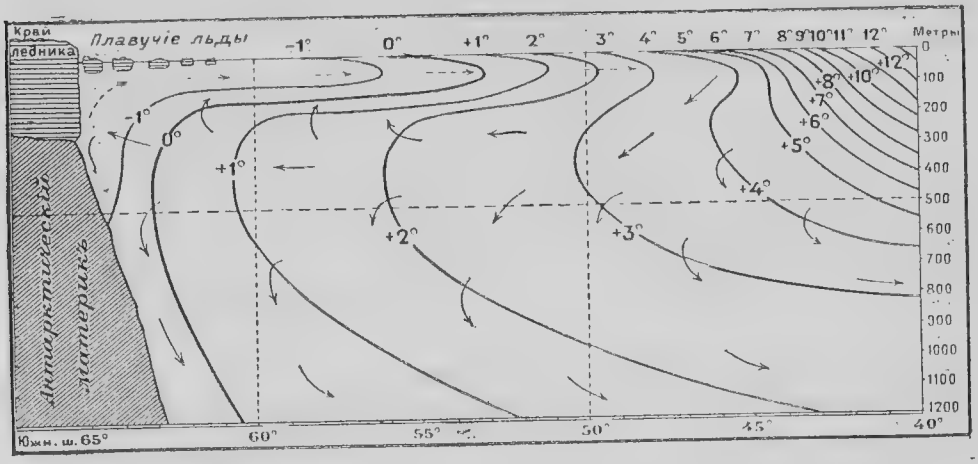
скомъ; въ тропическомъ поясѣ этихъ океановъ наблюдается тоже сближеніе изотермобатъ (въ Тихомъ ок. около 10° с. ш., гдѣ находится наиболѣе теплая область, см. стр. 161) и выгибъ ихъ внизъ въ широтахъ 20°—40°. Въ главѣ о солености не были приведены разрѣзы для солености и плотности въ Индійскомъ ок. и Тихомъ ок., такъ какъ для общаго представленія о распредѣленіи этихъ элементовъ достаточно было примѣра Атлантическаго ок. Однако, если бы разсмотрѣть здѣсь данныя такихъ разрѣзовъ также и для Индійскаго и Тихаго ок., то выводы получились бы тѣ же самые, какъ и на основаніи разсмотрѣнія только однихъ разрѣзовъ для температуры.

Такимъ образомъ и въ этихъ океанахъ, основываясь на распредѣленіи въ нихъ температуръ на глубинахъ, надо ожидать существованія такихъ же вертикальныхъ движеній, какъ и въ Атлантическомъ, т.-е. поднятія болѣе холодной воды съ глубинъ въ поясахъ наибольшаго нагрѣванія на поверхности и опусканія теплыхъ и соленыхъ водъ на сѣверныхъ и южныхъ окраинахъ умѣренныхъ поясовъ.

Необходимо здѣсь отмѣтить, что всѣ указанныя выше движенія частицъ воды, конечно, не происходятъ по прямой линіи и даже не по плоскимъ кривымъ. Во первыхъ, частица, сдѣлавшись плотнѣе или легче, опускается или поднимается не вертикально, а

вдоль соотвѣтствующей поверхности равныхъ ей плотностей; а во-вторыхъ, частица, находившаяся въ плоскости какого-либо меридіана, подъ вліяніемъ вращенія земли, совершаетъ свой путь по спиралеобразной кривой, уклоняясь все время въ южномъ полушаріи влѣво, а въ сѣверномъ вправо, безразлично, двигается ли она по горизонтальному или по вертикальному направленію. Все это, конечно, весьма усложняетъ общую картину вертикальнаго круговорота водъ въ океанахъ, и при разсматриваніи схемы его на чертежѣ (фиг. 237) это обстоятельство надо принимать въ соображеніе.

Указанные выше разрѣзы для всѣхъ трехъ океановъ показываютъ распредѣленіе температуръ на глубинахъ только между 50° ю. и 60° с. широтъ; на приложенной же здѣсь схемѣ изображено въ упрощенномъ видѣ распредѣленіе температуры на глубинахъ въ болѣе значительныхъ южныхъ широтахъ, начиная отъ материковаго склона Антарктическаго материка. На этой схемѣ (фиг. 238) видно, что по мѣрѣ перехода въ боль-



Фиг. 238. Схема вертикальныхъ движеній въ океанахъ въ антарктическихъ широтахъ.

шія южныя широты изотермобаты получаютъ двойной изгибъ; въ приповерхностныхъ слояхъ (0—200 м.) вершины изгибовъ направлены къ сѣверу, а въ слояхъ, лежащихъ ниже, онѣ направлены къ югу. По мѣрѣ увеличенія глубины и удаленія отъ Антарктическаго материка изотермобаты становятся болѣе пологими, приближаясь къ тому почти горизонтальному положенію, какое онѣ занимаютъ вездѣ въ океанахъ на глубинахъ въ 3.000—4.000 м. между границами умѣренныхъ поясовъ (см. стр. 159). Тутъ же стрѣлками показаны предполагаемыя направленія теченій холодныхъ водъ (пунктирныя стрѣлки) и теплыхъ (сплошныя

стрѣлки). Теплыя и болѣе соленыя, а потому и болѣе плотныя воды, приносимыя поверхностными теченіями изъ тропическихъ и умѣренныхъ широтъ (вѣтвями Бразильскаго, Игольнаго, Восточно-австралійскаго теченій), встрѣчаясь съ холодными и болѣе легкими антарктическими потоками, несущими льды, опускаются и двигаются далѣе къ югу уже подъ ними (см. стр. 152—158). Такимъ путемъ тяжелыя теплыя воды изъ умѣренныхъ поясовъ постепенно достигаютъ окраинъ Антарктическаго материка и той полосы льдовъ, которая окаймляетъ его. Въ антарктической области океановъ эти теплыя воды, касаясь нижней окраины плавающихъ льдовъ, а также и ледниковъ, спускающихся съ южныхъ земель, обусловливаютъ таяніе льдовъ. При этомъ происходитъ охлажденіе воды, часть ея достигаетъ температуръ ниже нуля и опускается на большія глубины, давая тамъ начало придонному слою воды съ температурою ниже нуля и отъ 0° до +1°, который окаймляетъ весь Антарктическій материкъ (см. карту придонныхъ t°, фиг. 61, стр. 149).

Главное мѣсто въ океанѣ, гдѣ поверхностные слои, охладившись, особенно зимою, до температуръ около +1°, +2° и насытившись при этой температурѣ кислородомъ (см. стр. 109—110), начинаютъ опускаться на глубину, лежитъ въ южномъ полушаріи; это есть полоса, прилегающая къ полярной окраинѣ кольца *Восточнаго* теченія южныхъ широтъ, т.-е. приблизительно около 50°—55° ю. ш. *). Эти широты въ то же время приблизительно служатъ и границею распространенія плавучихъ льдовъ.

Такимъ путемъ создаются въ южныхъ частяхъ всѣхъ трехъ океановъ благопріятныя условія для образованія мощнаго слоя воды низкой температуры (отъ 0° до +3°), который отъ дна до глубинъ въ 2.000—1.500 м. отъ поверхности медленно распространяется съ юга на сѣверъ въ южныхъ частяхъ океановъ. Чѣмъ далѣе на югъ успѣютъ проникнуть воды, идущія въ верхнихъ слояхъ отъ тропиковъ, тѣмъ болѣе онѣ охладятся, и потому при опусканіи смогутъ достигнуть бо́льшихъ глубинъ. Отъ того придонные слои большихъ глубинъ въ южныхъ частяхъ океановъ и обладаютъ температурами ниже 0° и отъ 0° до +1°, при чемъ въ южномъ Атлантическомъ ок., въ его американской котловинѣ, такія

*) Въ одной изъ послѣднихъ своихъ работъ о происхожденіи холодной воды большихъ глубинъ Нансенъ высказываетъ такой же взглядъ и по отношенію къ сѣв. Атлантическому ок.; т.-е. онъ предполагаетъ, что и тамъ охлажденіе воды на поверхности зимою въ широтахъ 50°—60° есть источникъ холодной воды на глубинахъ.

холодныя воды достигаютъ до экватора, а въ Индійскомъ ок. до 20° и даже 10° ю. ш. (у Австраліи, см. фиг. 61, стр. 149).

Сѣверныя части Атлантическаго и Тихаго ок. и на большихъ глубинахъ и въ придонномъ слоѣ въ одинаковыхъ широтахъ на одинаковыхъ глубинахъ теплѣе, нежели южныя. Такое явленіе обусловливается, конечно, вліяніемъ рельефа. На сѣверѣ глубокія части Атлантическаго и Тихаго океановъ (см. фиг. 16, стр. 34—35) совершенно отдѣлены отъ полярныхъ водъ подъемами дна въ Дэвисовомъ пр., между Гренландіей и Европою и въ Беринговомъ пр. На югѣ же ничего подобнаго нѣтъ, здѣсь большія глубины, до 4.000 м., мѣстами очень близко подходятъ къ самой окраинѣ Антарктическаго материка въ широтахъ 70°—65° ю.

Отсюда слѣдуетъ заключеніе, что главнымъ источникомъ холодной воды на большихъ глубинахъ являются антарктическія области океановъ.

Значеніе вліянія рельефа дна на распредѣленіе придонныхъ температуръ еще подтверждается слѣдующими примѣрами.

Восточная, африканская, котловина южнаго Атлантическаго ок., отдѣленная подъемомъ дна отъ лежащихъ рядомъ къ югу большихъ глубинъ, заполненныхъ холодною водою до дна, отличается и болѣе высокими придонными температурами +2, +3°. Всѣ моря, отдѣленныя порогами отъ рядомъ лежащихъ глубинъ, какъ извѣстно, на своихъ глубинахъ обладаютъ всегда болѣе высокими температурами, нежели близлежащія части океановъ.

Совокупность всѣхъ этихъ данныхъ еще разъ подтверждаетъ заключеніе, что источникомъ холодныхъ водъ на днѣ и на среднихъ глубинахъ океановъ является южное приполярное пространство Мірового океана.

Какъ выше (стр. 440) было указано, послѣднія изслѣдованія о распространеніи современныхъ глубоководныхъ антарктическихъ криноидъ, живущихъ прикрѣпленными къ дну, показали, что эти животныя несомнѣнно распространялись и распространяются съ юга на сѣверъ въ Тихомъ ок. *). Это наблюденіе косвеннымъ путемъ указываетъ на медленное движеніе водъ въ этихъ слояхъ изъ антарктическихъ широтъ на сѣверъ.

О скорости этихъ глубоководныхъ теченій уже говорено выше (стр. 166), гдѣ и было указано, что всѣ попытки вычисленій ея приводятъ къ очень незначительнымъ величинамъ,—нѣсколькимъ сотымъ миллиметра въ секунду.

---

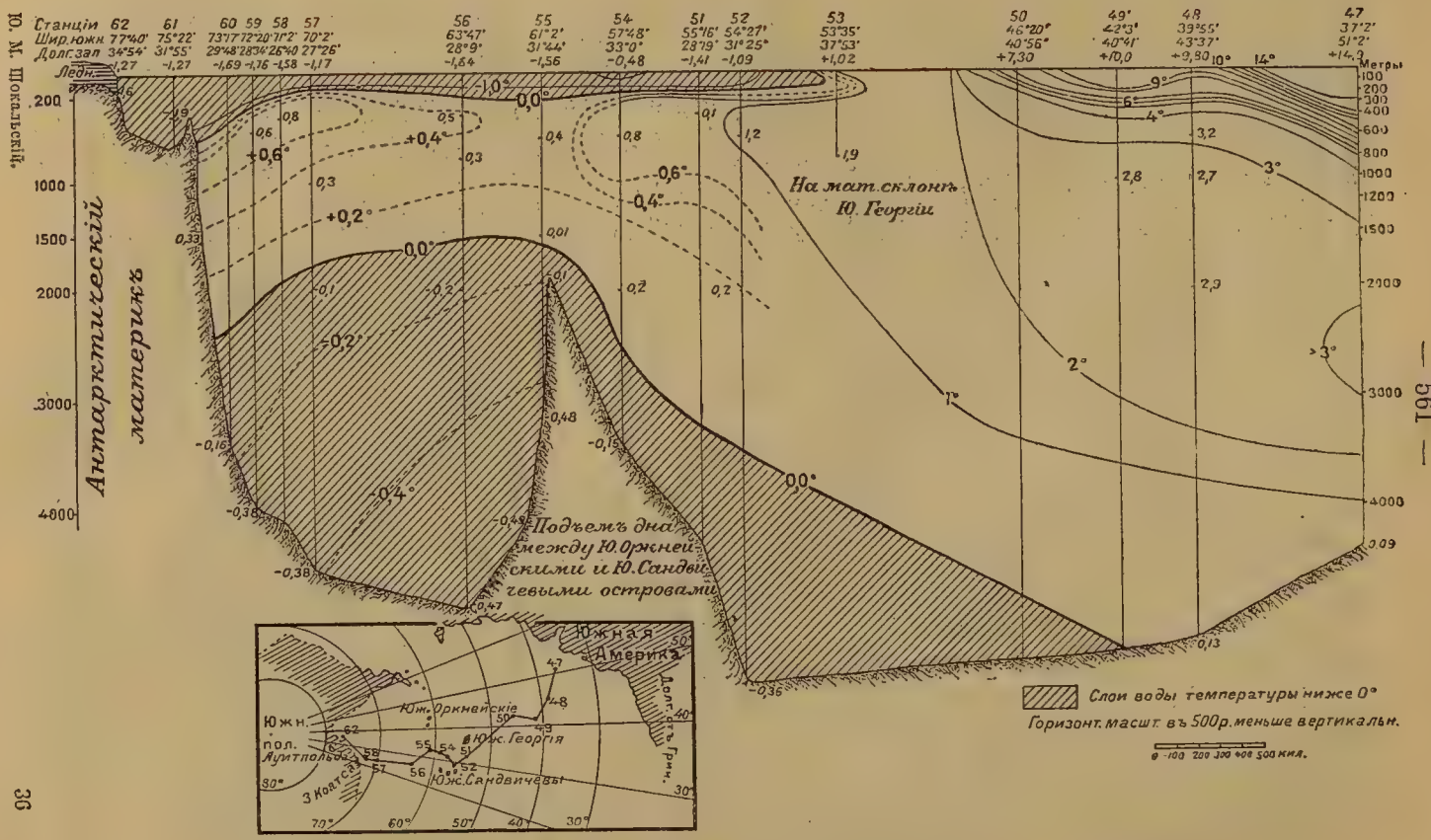
*) Криноиды постепенно уменьшаются числомъ по мѣрѣ, какъ мѣста наблюденія идутъ съ юга на сѣверъ.

Итакъ *), вся совокупность существующихъ свѣдѣній приводитъ къ выводу, что южное приполярное пространство Мірового океана есть именно та область земного шара, гдѣ главнымъ образомъ онъ теряетъ свое тепло лученспусканіемъ въ небесное пространство. Въ эти широты океаническія теченія приносятъ тепло, запасенное водою, образующею ихъ, въ тропическомъ поясѣ; эти воды теряютъ здѣсь свое тепло лученспусканіемъ черезъ атмосферу, становятся тяжелѣе и, опускаясь въ придонные слои, медленно, ползучимъ движеніемъ, распространяются къ экватору.

На сушѣ не можетъ существовать такого переноса тепла изъ тропической полосы въ полярныя области. Воздушныя теченія далеко не обладаютъ необходимою для того большою теплоемкостью, какою отличается вода. Кромѣ того, на сушѣ въ большихъ широтахъ зимою все покрыто снѣгомъ, уменьшающимъ потерю тепла лученспусканіемъ въ небесное пространство. Полярныя моря сѣвернаго полушарія изобилуютъ льдами, на поверхности коихъ опять-таки лежитъ зимою снѣгъ. Южныя же приполярныя части океановъ не имѣютъ такого сплошного ледяного покрова, какъ сѣверныя, и онѣ уже въ широтахъ 50°—60° сильно охлаждены.

Геологическое изученіе прошлаго земного шара и тѣхъ состояній, какія онъ прошелъ въ предшествовавшія геологическія эпохи, приводитъ къ заключенію, что температура во всей толщѣ Мірового океана въ тѣ отдаленныя времена должна была быть значительно выше. Слѣдовательно, необходимъ былъ очень большой промежутокъ времени, чтобы воды Мірового океана охладились до своего современнаго состоянія. Въ настоящее время вся толща водъ въ океанахъ въ тропическомъ поясѣ между 20° с. и 20° ю. ш., отъ дна до поверхности, имѣетъ въ среднемъ температуру всего около 4°, и это несмотря на большія температуры воды на поверхности въ этихъ широтахъ.

*) Мысли, здѣсь изложенныя, принадлежатъ недавно скончавшемуся, замѣчательному русскому географу А. И. Воейкову. Онѣ были имъ высказаны еще въ 1883 г., немедленно послѣ появленія перваго изданія атласа Атлант. ок. Гамбургской Морской Обсерваторіи въ 1882 г., заключавшаго карты распредѣленія температуръ воды для поверхности, для дна и, главное, для промежуточныхъ глубинъ 800—1.200 м. Послѣднее и дало возможность А. И. Воейкову обосновать свои замѣчательныя предположенія, онъ первый изъ географовъ указалъ на южное полярное происхожденіе холодной воды большихъ глубинъ въ океанахъ. Всѣ матеріалы и изслѣдованія, собранныя и произведенныя съ тѣхъ поръ, еще болѣе подтвердили правильность воззрѣній А. И. Воейкова, по первому намеку талантливо угадавшаго сущность явленія.



Фиг. 230. Меридіанальный гидрологическій разрѣзъ южнаго Атлантическаго океана отъ 37°2′ ю. ш. до 77°40′ ю. ш.

Выше (фиг. 238, стр. 557) былъ приведенъ схематическій разрѣзъ распредѣленія температуры на глубинахъ въ южныхъ частяхъ океановъ. Для подтвержденія этой схемы, составленной Крюммелемъ, здѣсь приводится дѣйствительный меридіанальный разрѣзъ въ южномъ Атлантическомъ ок., заимствованный изъ трудовъ послѣдней германской антарктической экспедиціи на *Deutschland* въ 1911—1912 гг. Экспедиція своего прямого назначенія, изслѣдованія южнаго материка, не могла выполнить, но по пути къ Антарктическому материку и обратно произвела рядъ океанографическихъ работъ современными способами. Пока опубликованы только предварительные результаты и, между прочимъ, одинъ океанографическій разрѣзъ отъ берега южнаго Полярнаго материка до 37° ю. ш. съ указаніемъ вертикальнаго распредѣленія температуры. Этотъ разрѣзъ *) и данъ здѣсь (фиг. 239); онъ, какъ видно на приложенной къ разрѣзу карточкѣ, начинается у самой южной извѣстной части берега **) Антарктики въ Атлантическомъ ок. на параллели 77°40′ ю. ш. и идетъ почти по меридіану до о-ва Южная Георгія, откуда разрѣзъ уклоняется къ западу до параллели устья р. Лаплаты. На всемъ протяженіи разрѣзъ идетъ по глубокой части океана, кромѣ мѣста между о-ми южн. Оркнейскими и южн. Сандвичевыми, гдѣ онъ переходитъ черезъ подъемъ дна до 1.000 м.; но этотъ подъемъ дна не идетъ на востокъ далѣе Шетландскихъ о-въ, и потому глубокія части океана, лежащія къ югу и къ сѣверу отъ этихъ острововъ, свободно сообщаются между собою. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ экспедиція достигла берега Антарктики, послѣдній (Земля пр. Луитпольда) принимаетъ почти южное направленіе, а перпендикулярно ему, на западъ, идетъ окраина ледянаго барьера такого же характера, какъ и ледяной барьеръ Росса около Земли Викторіи (см. стр. 200).

Все пространство океана къ югу и юго-западу отъ 75° ю. ш. оказалось сравнительно мелкимъ (менѣе 1.000 м. и даже менѣе 700 м.), по сѣверной окраинѣ этого мелкаго моря существуетъ поднятіе дна, достигающее до 400 м.; это поднятіе дна отдѣляетъ мелкое море отъ глубокаго океана, который недалеко къ сѣверу у самаго берега Земли Коатса (73°—74° ю. ш.) имѣетъ глубины въ 2.000 м., а немного далѣе отъ материка и въ 4.000—5.000 м. На разрѣзѣ (фиг. 239) всѣ эти особенности подводнаго рельефа видны. Каждая вертикальная линія есть мѣсто станціи съ рядомъ наблюденій на разныхъ глубинахъ; нумера станцій показаны вверху, а также и на карточкѣ внизу, гдѣ видно географическое расположеніе разрѣза; цифры на вертикальныхъ линіяхъ суть температуры.

Въ правомъ верхнемъ углу на разрѣзѣ изотермобаты очень скучены; здѣсь на поверхности на протяженіи 10° широты температура измѣняется отъ 14° до 4°, быстро уменьшаясь къ югу. Изотермобата 3° уже отодвинута отъ остальныхъ, а 2° опускается до 3.500 м., указывая этимъ на громадный объемъ холодной воды, которая здѣсь уже проникла съ поверхности на столь большія глубины. На станціи 53 (53°35′,5 ю. ш.) замѣчается уже двойной изгибъ изотермобаты +1° и другихъ температуръ, онъ продолжаетъ быть замѣтенъ до станціи 55, захватывая слой до 1.000 м. толщиною. Подъ этимъ слоемъ изотермобаты начинаютъ постепенно изгибаться къ сѣверу, тѣмъ самымъ указывая, что на большихъ глубинахъ охлажденныя воды перемѣщаются съ юга на сѣверъ.

На станціи 55 замѣчается перерывъ между изотермобатами +0°,4, потому что мѣсто наблюденія лежитъ надъ подводнымъ хребтомъ, соединяющимъ Оркнейскіе и Сандвичевы о-ва; подъемъ дна и вызвалъ здѣсь подъемъ всѣхъ слоевъ холодной воды, повліявъ этимъ на нѣкоторое охлажденіе слоевъ, лежащихъ и выше. Пройдя эту преграду, слой теплой воды снова возобновляется на разрѣзѣ на глубинахъ между 700—1.500 м., доказывая этимъ, что,

*) Разрѣзъ составленъ океанографомъ экспедиціи В. Бреннеке, здѣсь онъ нѣсколько переработанъ и къ нему добавлена карта пути корабля.

**) Этотъ берегъ былъ открытъ экспедиціей.

если бы разрѣзъ проходилъ къ востоку отъ Сандвичевыхъ о-въ, т.-е. шелъ бы все время по глубокому морю, то тамъ такого утоненія теплаго промежуточнаго слоя не наблюдалось бы. Все это убѣждаетъ въ томъ, что теплыя, тяжелыя воды промежуточнаго слоя достигаютъ непосредственно до самаго Антарктическаго материка, при чемъ въ Атлантическомъ ок. онѣ идутъ, начиная отъ 53° ю. ш. до 77° ю. ш., подъ слоемъ холодныхъ полярныхъ водъ. Послѣднія, какъ видно на чертежѣ, отъ берега материка распространяются тонкимъ слоемъ (200—250 м.) къ сѣверу, отличаясь все время очень низкою температурою (— 1°,0 до — 1°,95) *).

Относительно мелкое море, прилегающее къ ледяному барьеру у земли Луитпольда, какъ видно на разрѣзѣ, заполнено до дна водою съ температурою отъ — 1°,27 до — 1°,95. Подъемъ дна на сѣверной окраинѣ этого моря, повидимому, не допускаетъ эту холодную воду спускаться въ большія глубины, лежащія рядомъ. Въ глубокой части океана по другую сторону этого поднятія дна скопляются только охладившіяся воды, происходящія изъ теплаго промежуточнаго слоя. Послѣдній, обладая большею соленостью, нежели холодныя поверхностныя воды, тяжелѣе ихъ, но въ то же время легче ниже лежащихъ, болѣе холодныхъ слоевъ. Отъ соприкосновенія съ верхней и нижней стороны теплаго промежуточнаго слоя (600—1.700 м.) съ холодными водами, лежащими выше и ниже его, происходитъ охлажденіе этихъ водъ, и онѣ, становясь тяжелѣе, медленно опускаются въ придонное пространство, давая тамъ начало слою большой мощности и плотности съ температурами ниже нуля (0° до — 0°,5). Эта холодная вода, какъ видно на разрѣзѣ, доходитъ по дну далеко къ сѣверу, до 42° ю. ш.

Такимъ образомъ разсмотрѣніе гидрологическаго разрѣза **) (фиг. 239), основаннаго на наблюденіяхъ, вполнѣ подтверждаетъ картину распредѣленія температуры на глубинахъ въ большихъ южныхъ широтахъ, изображенную схематически на чертежѣ (фиг. 238).

Заканчивая вышеприведеннымъ примѣромъ очеркъ поверхностнаго и глубоководнаго круговорота водъ въ океанахъ, необходимо указать еще на слѣдующее.

Все то, что̀ извѣстно намъ о круговоротѣ водъ въ приповерхностныхъ слояхъ и на большихъ глубинахъ, показываетъ, что скорости движеній въ этихъ двухъ родахъ океаническихъ круговоротовъ совершенно различнаго порядка. Скорости поверхностныхъ теченій во много разъ больше скоростей движеній водъ на промежуточныхъ и придонныхъ глубинахъ въ океанахъ. Очевидно, должно существовать тѣсное соотношеніе

*) Столь низкая температура во всей толщѣ поверхностнаго слоя объясняется образованіемъ льда зимою. При этомъ поверхностныя воды становятся тяжелѣе и обусловливаютъ въ этомъ слоѣ конвекціонныя движенія, несущія на глубину воды, близкія къ температурѣ замерзанія. Лѣтомъ же поверхностный слой, нагрѣвшись, дѣлается легче, и конвекціи не устанавливается вовсе, солнечное тепло расходуется на таяніе льдовъ, и прогрѣваніе нижнихъ слоевъ можетъ происходить только теплопроводностью и теплопрозрачностью.

**) На чертежѣ (фиг. 239) не выставлены всѣ наблюденныя температуры, а только нѣкоторыя, чтобы не затемнять рисунка.

между количествами водъ, доставляемыхъ поверхностными теченіями въ большія широты океановъ, количествомъ водъ, уносимыхъ оттуда поверхностнымъ движеніемъ, и количествомъ водъ, медленно двигающихся на глубинахъ изъ приполярныхъ и полярныхъ широтъ къ тропическому поясу.

При современномъ состояніи океанографіи остаются еще совершенно неизвѣстными тѣ количества воды (расходы воды), какія несутся каждымъ поверхностнымъ теченіемъ, и тѣмъ болѣе неизвѣстны количества воды, участвующія въ глубоководныхъ движеніяхъ водъ въ океанахъ. Слѣдовательно, пока совершенно невозможно установить, въ какой мѣрѣ выполняется соотвѣтствіе между количествами воды, участвующими въ трехъ только-что указанныхъ движеніяхъ океаническихъ водъ.

Медленность глубоководныхъ движеній вмѣстѣ съ громаднымъ поперечнымъ сѣченіемъ ихъ, сравнительно съ таковымъ же въ поверхностныхъ теченіяхъ, показываетъ, что какъ будто существуетъ нѣкоторое соотвѣтствіе между количествами воды, участвующими въ тѣхъ и другихъ движеніяхъ. Но теперь совершенно нельзя судить, установилось ли полное равновѣсіе между всѣми этими движеніями или нѣтъ.

Возможно, что значительность объемовъ холодныхъ полярныхъ теченій Восточно-Гренландскаго и Лабрадорскаго отчасти и обусловлена отсутствіемъ глубоководнаго обмѣна водъ между Сѣвернымъ Полярнымъ моремъ и сѣвернымъ Атлантическимъ океаномъ, представляющимъ почти единственное сообщеніе этого моря съ Міровымъ океаномъ.

Такимъ образомъ океанографія, устанавливая, что потеря тепла въ океанахъ въ небесное пространство происходитъ главнымъ образомъ черезъ южныя приполярныя широты, пока не можетъ отвѣтить на слѣдующій вопросъ: продолжаетъ ли земля этимъ путемъ терять свое внутреннее тепло, или уже установилось полное равновѣсіе между приходомъ тепла въ тропическихъ широтахъ океановъ и расходомъ его въ полярныхъ и приполярныхъ областяхъ.

„Il suffit d'ouvrir les yeux pour voir que les conquêtes de l'industrie qui ont enrichi tant d'hommes pratiques n'auraient jamais vu le jour, si ces hommes pratiques avaient seuls existé, et s'ils n'avaient été devancés par des fous désintéressés qui sont mort pauvres, qui ne pensaient jamais à l'utile, et qui pourtant avaient un autre guide que leur caprice".

„Science et Méthode", p. 9;
par *H. Poincaré.*

ПОСЛѢСЛОВІЕ.

„Не существуетъ границъ ни съ одной стороны во вселенной,
Такъ какъ въ противномъ и внѣ ея нѣчто должно находиться.
Нѣчто, стоящее внѣ вещи, никакъ мы не можемъ представить,
Если въ ней нѣтъ ничего, что̀ ея означаетъ границы,
Дальше которыхъ она недоступна природному чувству.
Но допустить внѣ вселенной нельзя бытія никакого,
А потому у нея ни конца, ни размѣровъ".

***Лукрецій** „О природѣ вещей".* Книга 6-я, стихъ 702-й.
(Переводъ И. Рачинскаго, 1913 г.).

Природа едина, безпредѣльна и безконечно разнообразна, а люди со всѣми ихъ знаніями конечны и потому далеко не всеобъемлющи. Вотъ причина, почему изученіе природы раздѣляется на многія отрасли знаній, постепенно разрастающіяся по мѣрѣ расширенія области, охватываемой человѣческимъ разумомъ, при изслѣдованіи природы. По мѣрѣ накопленія свѣдѣній сперва постепенно подготовляется, а потомъ въ короткій промежутокъ времени какъ бы внезапно вырастаетъ новый отдѣлъ знаній, новая наука, занимающая свое мѣсто въ ряду другихъ, образовавшихся ранѣе. При чемъ это мѣсто оказывается какъ бы нарочно для нея приготовленнымъ и ее ожидавшимъ; она какъ разъ заполняетъ ту пустоту, которую передъ тѣмъ только-что начали замѣчать и ощущать; она помогаетъ пониманію цѣлаго ряда явленій въ родственныхъ ей отдѣлахъ знаній, остававшихся до тѣхъ поръ не ясными. Такимъ образомъ новая отрасль наукъ образуетъ въ совокупности съ ранѣе существовавшими стройное цѣлое, развивающееся далѣе, пока изученіе и накопленіе свѣдѣній не откроетъ передъ людьми возможности снова подмѣтить новые пробѣлы въ созданной ими системѣ знаній, стремящейся къ постиженію природы.

Такъ и океанографія, постепенно накоплявшая свой матеріалъ въ теченіе столѣтій, но образовавшаяся окончательно только въ XIX ст., быстро заняла въ наукѣ соотвѣтственное мѣсто и въ короткое время своего су-

ществованія успѣла уже доказать все свое громадное значеніе въ дѣлѣ изученія земной природы и всю важность ея приложеній для экономическихъ условій жизни людей.

И то и другое непосредственно слѣдуютъ изъ распредѣленія суши и воды на землѣ. Суша, на которой живетъ человѣческій родъ, невольно привлекала всегда главнымъ образомъ умъ человѣка и составляла главный предметъ его изученія. Между тѣмъ суша занимаетъ всего 28% земной поверхности, и безъ океана ничто не могло бы на ней существовать; только воды океана, испаряясь, даютъ матеріалъ для атмосферныхъ осадковъ, обусловливающихъ существованіе растительности на землѣ. Эта же послѣдняя даетъ въ свою очередь начало всей остальной органической жизни.

Міровой океанъ, охватывающій 72% земной поверхности, оказываетъ очень разнообразное и сильное вліяніе на атмосферу всего земного шара. Распредѣленіе суши и воды на землѣ обусловливаетъ и распредѣленіе температуры въ нижнемъ слоѣ воздуха, а также оказываетъ преобладающее вліяніе на распредѣленіе давленія атмосферы. Это послѣднее управляетъ вѣтрами, движенія же воздуха тѣснѣйшимъ образомъ связаны съ движеніями верхнихъ слоевъ океана; и все вмѣстѣ оказываетъ громадное вліяніе на климатъ земного шара, а слѣдовательно и на производительность разныхъ странъ, поскольку это относится къ органической природѣ ихъ.

Міровой океанъ есть самый дешевый путь, могущій выдержать громаднѣйшее увеличеніе перевозокъ безъ всякаго стѣсненія ихъ. Онъ же доставляетъ людямъ богатѣйшее поприще промысловой дѣятельности большого разнообразія, и во всѣхъ этихъ способахъ использованія Мірового океана наивѣрнѣйшіе пути къ достиженію наилучшихъ результатовъ указываются только океанографіей.

Суша сложена, по крайней мѣрѣ въ приповерхностныхъ слояхъ, главнымъ образомъ изъ осадочныхъ породъ (около 70% поверхности суши), отложившихся на днѣ океановъ и морей въ предшествующіе періоды. Изученіе современныхъ отложеній, образующихся теперь на днѣ океана, есть одинъ изъ важныхъ способовъ для пониманія условій, при которыхъ это явленіе протекаетъ теперь. Отсюда уже возможно дѣлать нѣкоторые выводы о томъ, какъ подобныя отложенія образовывались въ предшествовавшія геологическія времена.

Вообще изученіе океановъ во всѣхъ отношеніяхъ весьма важно

для пониманія многихъ геологическихъ явленій, потому что историческая геологія есть въ значительной степени океанографія прошедшихъ временъ.

Разрушеніе береговъ прибоемъ или намываніе имъ отмелей, косъ, образованіе лимановъ, дельтъ, въ сѣверныхъ широтахъ вліяніе льдовъ на разрушеніе береговъ, всѣ эти географическія явленія тѣсно связаны съ океанографіей.

Въ ботаническомъ и зоологическомъ отношеніяхъ изученіе океановъ сопровождалось очень большими результатами, особенно важными въ виду громаднаго разнообразія животной жизни въ океанѣ, во много превосходящемъ наземную фауну. Вотъ почему, начиная съ плаванія *Challenger'a*, зоологи очень заинтересованы въ изслѣдованіи океановъ и рядомъ съ океанографами представляютъ всегда непремѣнныхъ участниковъ экспедицій, изучающихъ океаны и моря.

Такимъ образомъ океанографія въ изученіи земного шара играетъ громадную роль, и результатами ея изслѣдованій пользуются многія науки; она же находитъ весьма разнообразное приложеніе въ различныхъ отрасляхъ экономической жизни людей.

Географія, а слѣдовательно всѣ ея отдѣлы и въ частности океанографія при изученіи своего предмета могутъ пользоваться почти исключительно только наблюденіемъ.

Опытъ, столь широко примѣняемый въ физикѣ и химіи, пока почти неприложимъ въ океанографіи, потому что совокупность явленій, образующая эту отрасль науки, часто не поддается расчлененію на отдѣльныя небольшія составныя части, которыя бы возможно было уединить и изслѣдовать въ лабораторіи при всякихъ напередъ задашныхъ условіяхъ.

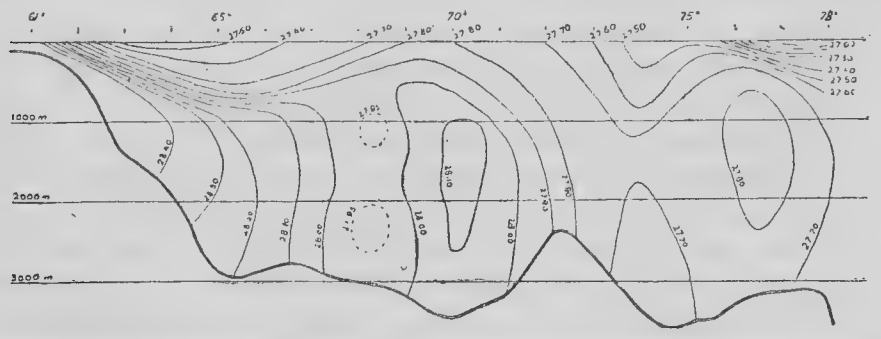
Итакъ, наблюденіе есть почти единственное орудіе океанографіи, добывающее ей матеріалъ, изъ коего созидается наука; наблюденіе же есть также единственный путь для провѣрки предположеній и теорій.

При всякаго рода наблюденіяхъ самое важное—знаніе степени точности результатовъ. Для этого необходимо тщательное изслѣдованіе инструментовъ, постоянное наблюденіе за ними, ихъ поправками и точное соблюденіе, до мелочей, установленныхъ пріемовъ наблюденій. Когда приходится наблюдать столь небольшія измѣненія температуры, плотности, солености отъ одного мѣста къ другому, какія встрѣчаются въ океанахъ, необходимо принимать всѣ возможныя предосторожности.

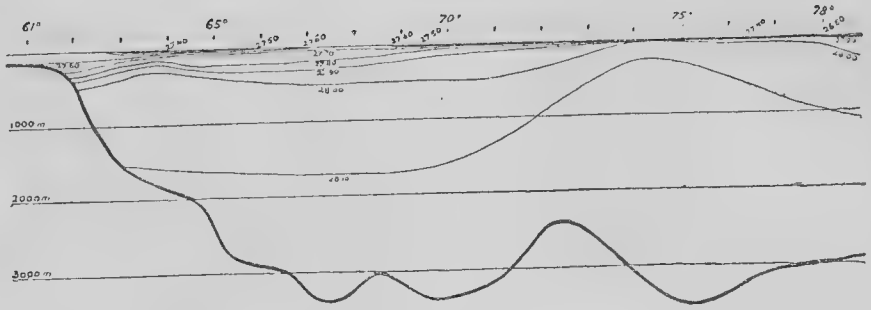
Чрезвычайно важно сопровождать свои наблюденія подробнымъ и обстоятельнымъ описаніемъ *способовъ наблюденій* и того *порядка*, которому при этомъ слѣдовали. При соблюденіи такого условія возможно бываетъ въ случаѣ какого-либо недосмотра или совершенно невольнаго промаха спасти результаты введеніемъ соотвѣтственныхъ поправокъ. Отсюда слѣдуетъ, что наблюденія непремѣнно должны записываться въ заранѣе обдуманномъ порядкѣ, и, въ случаѣ замѣченныхъ во-время описокъ, разъ написанное число никоимъ образомъ не должно уничтожаться, а только слегка зачеркиваться и новое приписываться рядомъ, потому что случается, что первая запись оказывается вѣрною, а исправленная—ошибочною. Каждая цифра должна имѣть опредѣленное объясненіе въ самомъ журналѣ работъ, чтобы потомъ, при обработкѣ, уже не было надобности искать дополнительныхъ разъясненій, которыхъ нерѣдко бываетъ и не найти.

При быстромъ развитіи океанографіи и усовершенствованіи пріемовъ и способовъ наблюденій, а также и приборовъ для нихъ, все вышесказанное получаетъ еще большее значеніе.

Насколько быстро двигается океанографія, можно показать слѣдующими примѣрами. На чертежѣ (фиг. 240. Цифры вверху вдоль разрѣза 61°, 65°, 70° есть широты; а цифры 27.60 и т. д. есть плотности, это значитъ 1,02760) представленъ разрѣзъ Сѣверно-Европейскаго м. отъ Шетландскихъ о-въ по меридіану Гринвича, составленный Мооном на основаніи изслѣдованій Норвежской Сѣверно-Атлантической экспедиціи 1876—1878 гг. на *Föringen* (см. карту II—Введеніе). На этомъ разрѣзѣ изображено распредѣленіе плотности отъ поверхности до дна. На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 241) вдоль того же меридіана Гринвича прод-



Фиг. 240. Плотность на глубинахъ Сѣв.-Европ. м. вдоль Гринвичск. мерид. по Моону (1876—1878 гг.).

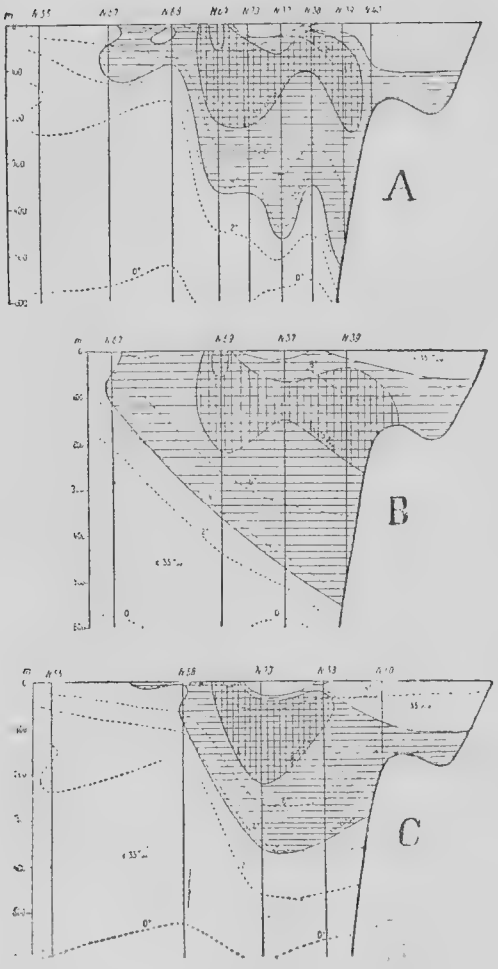


Фиг. 241. Плотность на глубинахъ Сѣв.-Европ. м. вдоль Гринвичск. мерид. по Нансену (1900—1904 г.).

ставлено распредѣленіе плотности согласно новѣйшимъ наблюденіямъ 1900—1904 гг. На фиг. 240 изопикны идутъ вертикально, при чемъ нерѣдко болѣе плотная вода оказывается надъ болѣе легкою, почему Моонъ и заключилъ о существованіи вертикальныхъ движеній воды. Согласно же разрѣзу фиг. 241, распредѣленіе плотности совершенно правильное, наиболѣе тяжелая вода (1,02810) находится внизу, а болѣе легкая (1,02760—1,02740) вверху. На глубинахъ оказывается плотность воды чрезвычайно однообразная, если тамъ и существуютъ какія-либо разности плотностей, то онѣ меньше точности нашихъ наблюденій. А на разрѣзѣ Моона указаны такой величины разности плотностей на глубинахъ (1,02840 до 1,02795), какія не существуютъ нигдѣ въ открытомъ океанѣ. Все это произошло только вслѣдствіе недостаточной точности способовъ опредѣленія плотностей, имѣвшихся въ распоряженіи ученыхъ того времени (1876—1878 гг.).

Въ тѣхъ случаяхъ, когда наблюденія производятся въ такихъ мѣстахъ океана или моря, гдѣ можно ожидать быстрыхъ измѣненій элементовъ отъ мѣста къ мѣсту *), необходимо гидрологическія станціи располагать возможно ближе, чтобы не впасть потомъ при обработкѣ въ ошибку. Нижеслѣдующій примѣръ, заимствованный у Геллендъ Ганзена, хорошо подтверждаетъ сказанное. На чертежѣ (фиг. 242) представленъ гидрологическій разрѣзъ Сѣверно-Европейскаго м., идущій перпендикулярно берегу Норвегіи, черезъ воды Норвежскаго Атлантическаго теченія (NE вѣтви Гольфстр.). На фигурѣ A помѣщены наблюденія всѣхъ девяти станцій, при чемъ разстояніе между станціями: 69—

*) Напр., въ предѣлахъ и на границахъ теченій въ открытомъ океанѣ, или въ проливахъ, во внутреннихъ моряхъ и т. п.



Фиг. 242. Гидрологическій-разрѣзъ Сѣв.-Европ. м. Іюнь 1904 г.

70—37—38—39—40 около 25 морск. м. Пунктирныя линіи суть изотермы, а сплошныя—изогалины; горизонтальная штриховка есть вода солености отъ 35.00‰ до 35.20 ‰; штриховка накрестъ есть вода солености выше 35.20‰. На фигурѣ B все то же самое, но станціи взяты черезъ одну, и океанографическая картина получается совершенно иная, но еще нѣсколько схожая съ фигурою A. На нижнемъ чертежѣ—C станціи взяты еще рѣже, и разрѣзъ даетъ уже совершенно искаженное представленіе о распредѣленіи водъ разныхъ соленостей и температуръ.

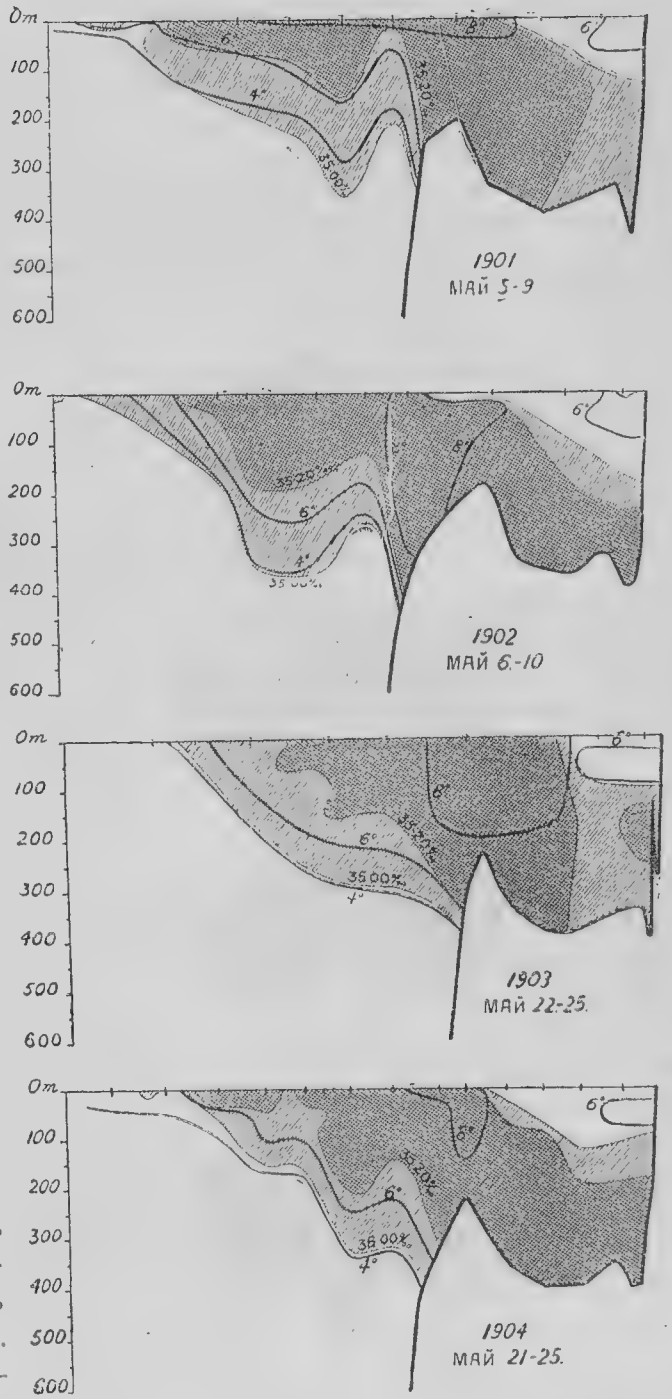
Приведенный примѣръ и многіе подобные же доказываютъ, сколь важно имѣть частыя станціи для составленія возможно болѣе близкаго къ истинѣ сужденія.

Изслѣдованія послѣдняго десятилѣтія, произведенныя по почину «Международнаго Совѣта для изученія моря», повторяемыя по четыре раза въ годъ въ тѣхъ же точкахъ, показали существованіе годовыхъ колебаній въ теченіяхъ, что̀ уже подозрѣвалось Гумбольдтомъ (см. стр. 411). Слѣдующій примѣръ (фиг. 243), изображающій гидрологическое сѣченіе отъ Согне-фіорда въ Норвегіи къ западу для Мая 1901—1904 гг., наглядно подтверждаетъ сказанное. Наблюденія были сдѣланы не точно въ тѣ же числа, но близкія между собою; также и направленіе сѣченія не вполнѣ точно то же самое (что̀ видно по рельефу дна). Принимая всѣ эти несовершенства во вниманіе, все-таки различія въ распредѣленіи солености и температуръ между четырьмя сѣченіями слиш-

комъ велики и не могутъ быть объяснены одними вышеуказанными условіями. Несомнѣнно мы имѣемъ здѣсь дѣло съ измѣненіями въ массѣ, солености и температурѣ Норвежскаго Атлантическаго теченія (NE вѣтви Гольфстрима), насколько оно опредѣляется изогалиною 35,0 ‰. Если измѣрить на сѣченіяхъ площади, занятыя водою такой солености, то получатся слѣдующія цифры.

Года	Площади, занятыя на сѣченіяхъ водою 35‰.
1901	148 кв. кил.
1902	155 » »
1903	149 » »
1904	135 » »
1905	184 » »

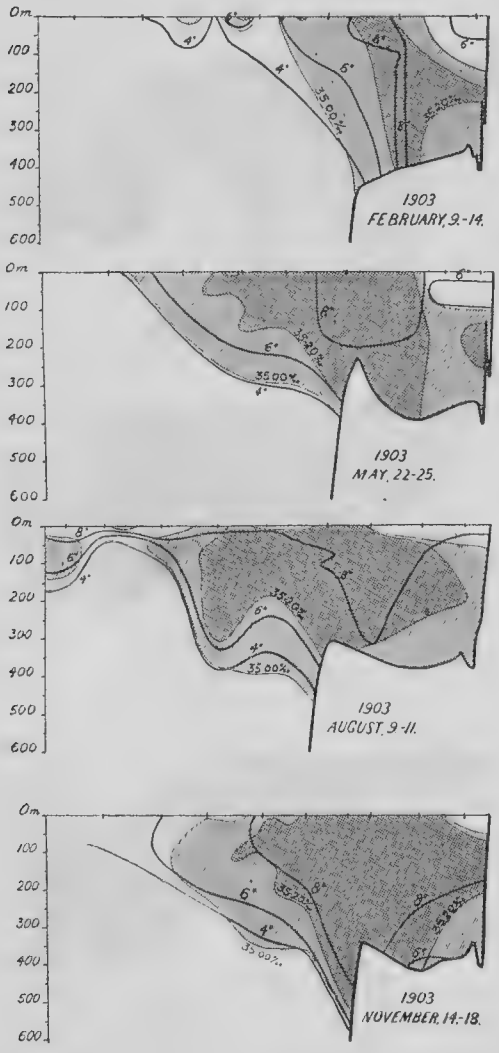
Отсюда видно, насколько значительно колеблется въ разные года масса воды, приносимая изъ Атлантическаго ок. въ Сѣверно-Европейское м. (1905 г. сюда



Фиг. 243. Гидрологич. сѣченіе Сѣв.-Евр. м. отъ Согне-фіорда къ западу.

включенъ на основаніи гидрологическаго сѣченія, здѣсь не приведеннаго. Примѣръ заимствованъ у Ф. Нансена).

На тѣхъ же сѣченіяхъ (фиг. 243) видно, что изотермобата 8° въ 1901 г. охватывала только тонкій поверхностный слой; въ этомъ году въ Маѣ нагрѣваніе сверху только-что началось. Въ 1902 г., напротивъ, на поверхности вода съ температурою въ 8° занимала мало мѣста, а на глубинахъ она распространялась до 300 м. Въ 1903 г. распредѣленіе было подобное 1902 г., а въ слѣдующемъ 1904 г. область воды температуры 8° и выше гораздо меньше, чѣмъ въ 1902 г., хотя сѣченіе было сдѣлано на десять дней позднѣе. Такимъ образомъ наблюденія доказываютъ существованіе колебаній изъ года въ годъ въ одной изъ вѣтвей наиболѣе сильнаго океаническаго теченія (Гольфстрима и Атлантическаго теченій); несомнѣнно, что подобныя же колебанія существуютъ и во всякомъ теченіи, а слѣдовательно и въ общемъ круговоротѣ водъ въ океанахъ. Задача будущаго ихъ разыскать.



Фиг. 244. Гидрологическіе разрѣзы Согне-фіорда.

Въ теченіе одного и того же года также существуютъ колебанія въ массѣ, температурѣ, солености и скорости теченій. Наблюденія въ Сѣверно-Европейскомъ м. и въ другихъ мѣстахъ вполнѣ подтверждаютъ только-что сказанное. Подобные же разрѣзы, какъ на фигурѣ 243, построенные для Февраля, Мая, Августа и Ноября, даны на чертежѣ (фиг. 244, примѣръ заимствованъ изъ труда Нансена). Какъ видно, въ теченіе

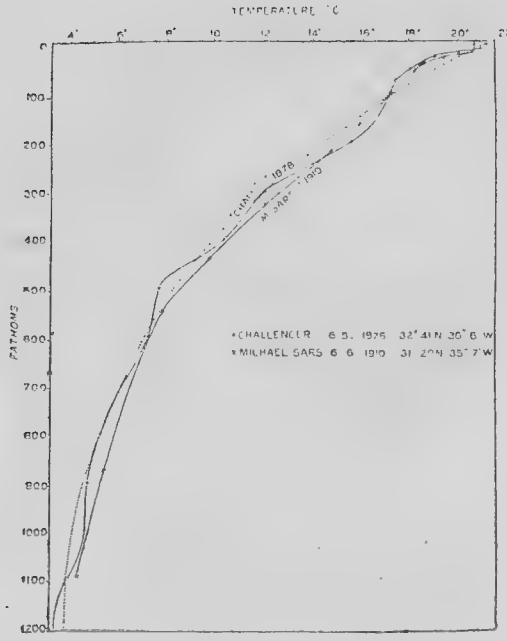
года случаются еще бо́льшія измѣненія, нежели изъ года въ годъ. Колебанія въ массѣ теченія, повидимому, подтверждаются и наблюденіями при входѣ его изъ Атлантическаго ок. (между о-ми Фарёрскими и Шетландскими). Въ Августѣ скорость теченія больше, а весною и лѣтомъ меньше. Въ Февралѣ (фиг. 244) охлажденіе съ поверхности, вслѣдствіе лученспусканія въ атмосферу, очень велико, и изотермобаты и изогалины идутъ почти вертикально. Въ это время года образуются сильныя конвекціонныя движенія, и воды на глубинахъ перемѣшиваются съ поверхностными. Эти конвекціонныя движенія несомнѣнно достигаютъ до 200 м. Работы 1903—1910 гг. въ области сѣверовосточной части Атлантическаго океана, къ югу отъ Исландіи, показали, что конвекціонныя движенія въ этихъ мѣстахъ зимою могутъ достигать до 600—800 м. Замѣчательно равномѣрное распредѣленіе солености въ слоѣ такой мощности, несомнѣнно, только и могло образоваться такимъ путемъ. Конвекціонныя движенія, конечно, не происходятъ вертикально; болѣе плотныя охладившіяся на поверхности воды опускаются косвенно вдоль поверхностей соотвѣтственныхъ плотностей.

Такія конвекціонныя движенія чрезвычайно способствуютъ увеличенію умѣряющаго вліянія моря на климатъ, потому, благодаря имъ, слой воды большой мощности отдаетъ свое тепло атмосферѣ.

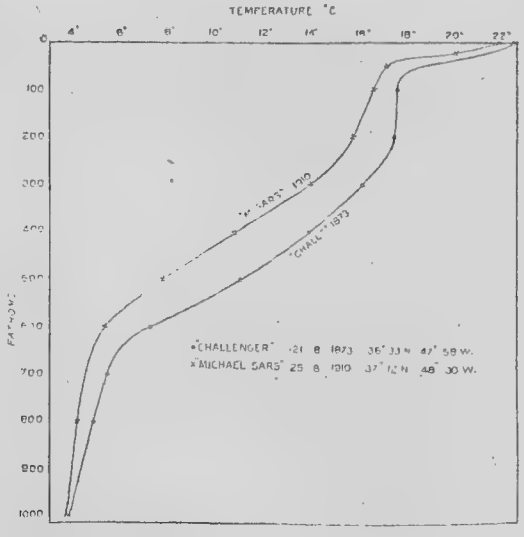
Наблюденія послѣднихъ лѣтъ несомнѣнно показываютъ существованіе на небольшихъ глубинахъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ колебаній небольшихъ періодовъ въ величинахъ океанографическихъ элементовъ.

Напримѣръ, на *Michael Sars* въ 1910 г. были сдѣланы наблюденія около буя, поставленнаго на якорѣ на глубинѣ 570 метр. (312 м. саж.) въ проливѣ между Фарёрскими и Шетландскими о-ми ближе къ послѣднимъ; т.-е. въ области той вѣтви Атлантическаго теченія (NE вѣтви Гольфстрима), которая тутъ входитъ въ Сѣверно-Европейское м. Въ теченіе 24 ч. было сдѣлано 86 опредѣленій температуры на различныхъ глубинахъ, изъ нихъ 19 на глубинѣ 300 м. (164 м. с.); они показали существованіе на этой глубинѣ колебаній температуры въ предѣлахъ одного градуса съ разными періодами, вѣроятно, обусловленными волнообразными движеніями въ струяхъ теченія.

Во «Введеніи» было указано (стр. *68*), что медленное измѣненіе величинъ океанографическихъ элементовъ отъ мѣста къ мѣсту въ океанѣ и небольшая величина измѣненій ихъ съ теченіемъ времени въ томъ же



Фиг. 245. Сравненіе температуръ на глубинахъ въ 1876 и 1910 гг.

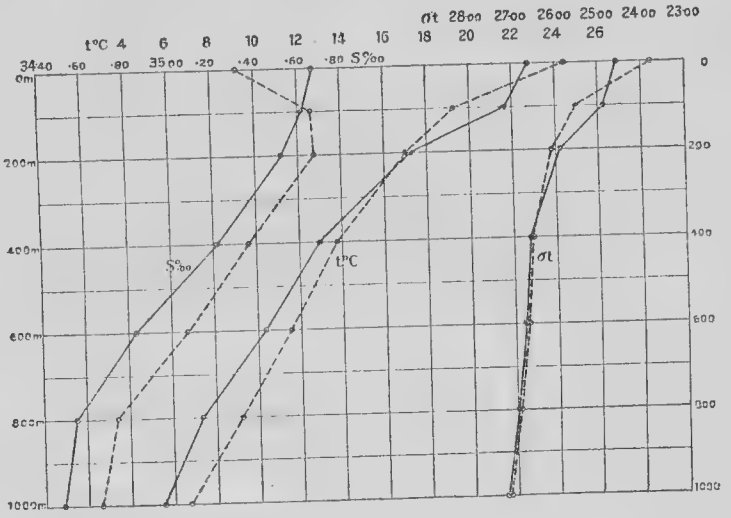


Фиг. 246. Сравненіе температуръ на глубинахъ въ 1873 и 1910 гг.

мѣстѣ дали возможность по относительно небольшому количеству наблюденій, къ тому же разновременныхъ, составить общую картину распредѣленія океанографическихъ элементовъ.

Только въ послѣдніе годы появилась возможность получить нѣкоторое понятіе о характерѣ измѣненій океанографическихъ элементовъ съ теченіемъ времени въ открытомъ океанѣ, благодаря повторенію наблюденій въ тѣхъ же мѣстахъ океана (конечно, въ предѣлахъ точности опредѣленій мѣстъ корабля въ морѣ). Иногда подобныя наблюденія показывали очень небольшую разницу между опредѣленіями разныхъ лѣтъ, однако въ большинствѣ случаевъ повторныя наблюденія черезъ нѣсколько лѣтъ давали данныя, замѣтно отличающіяся отъ прежнихъ; слѣдующіе примѣры хорошо подтверждаютъ сказанное. На фигурѣ 245 нанесены кривыя температуръ до глубины въ 1.200 морск. саж. (2.195 м.), наблюдавшіяся почти въ томъ же самомъ мѣстѣ въ 1876 г. на *Challenger'ѣ* (6-го Мая) и въ 1910 г. на *Michael Sars* (6-го Іюня). Обѣ кривыя идутъ близко другъ къ другу, а ниже 1.200 м.с. почти со-

впадаютъ *); кривая *Challenger'a* имѣетъ нѣкоторыя отступленія мѣстами: возможно, что они и въ дѣйствительности имѣли мѣсто, но возможно ихъ объяснить и нѣкоторыми несовершенствами термометровъ того времени. На фигурѣ 246 данъ другой примѣръ сравненія наблюденій температуръ *Challenger'a* 1873 г. (21-го Іюня) и *Michael Sars* 1910 г. (25-го Іюня) до глубины въ 1.000 м. с. (1.829 м.). Въ 1873 г. температуры были замѣтно меньше на тѣхъ глубинахъ, мѣстами до 2°. Ниже 1.000 м. с. температуры были почти одинаковы.



Фиг. 247. Сплошныя линіи—наблюденія на *Planet*, Май 1906 г., Ст. 73—31°28′ ю. ш., 32°13′ в. д.
Прерывчатая линія—наблюденія на *Möwe*, Янв. 1913 г., Ст. 72—31°29′ ю. ш., 32°16′ в. д.

Слѣдующій примѣръ относится къ послѣднему времени, когда точность наблюденій стала значительно болѣе и одинакова въ обоихъ случаяхъ. На чертежѣ (фиг. 247) представлено распредѣленіе температуры, солености и плотности до глубинъ въ 1.000 м. (547 м. с.) на станціяхъ: *Planet* 1906 г. (4-го Мая) и *Möwe* 1913 г. (14-го Января), обѣ къ западу отъ мыса Доброй Надежды въ Атлантическомъ ок. совершенно въ той же точкѣ. Какъ видно на чертежѣ, въ солености и въ температурѣ **) есть замѣтныя различія, во много разъ бо́льшія точности опредѣленій;

*) Кривая *Challenger'a* имѣетъ нѣкоторыя неправильныя уклоненія, что̀ есть слѣдствіе меньшей точности приборовъ въ 1873 г. сравнительно съ 1910 г. Пунктирная кривая есть сглаженная для наблюденій *Challenger'a*, ее-то и надо сравнивать съ кривою 1910 г.

**) Температура съ точностью ± 0°,02 — ± 0°,03; соленость съ точностью ± 0,01 ‰ — — ± 0,03‰; плотность съ точностью ± 0,00001 — ± 0,00003.

при чемъ соленость, начиная отъ 100 м. глубины, была больше въ 1913 г., и температура тоже больше, почему плотность оказалась почти одинаковою въ обоихъ годахъ, начиная съ 200 м. глубины.

Изъ приведенныхъ примѣровъ, какъ для Сѣверно-Европейскаго м. съ очень сложнымъ распредѣленіемъ океанографическихъ элементовъ, такъ и для открытаго океана, видно, какое большое значеніе для океанографіи представляетъ повтореніе наблюденій на глубинахъ возможно часто въ томъ же мѣстѣ, повтореніе ихъ вдоль тѣхъ же разрѣзовъ въ теченіе года и повтореніе ихъ изъ года въ годъ. Такія наблюденія, распространенныя на океаны, дадутъ возможность проникнуть въ смыслъ происходящихъ въ океанѣ измѣненій величинъ элементовъ. Для этой цѣли имѣютъ большое значеніе наблюденія всѣхъ статическихъ океанографическихъ элементовъ, какъ-то: глубины, грунта дна, солености, плотности, температуры, прозрачности и цвѣта, а также и наблюденія планктона, который, какъ было указано въ отдѣлахъ о прозрачности, цвѣтѣ и теченіяхъ, имѣетъ большое значеніе для цѣлей океанографіи, не говоря уже о важности его для біологическаго изученія моря и для промысловаго дѣла.

Относительно наблюденія волненія слѣдуетъ указать, что многое можетъ быть сдѣлано при помощи простыхъ наблюденій, безъ примѣненія фотограммометріи, и не только въ морѣ, но и у береговъ.

Въ морѣ хотя и трудно наблюдать періоды, длины волнъ и скорости распространенія, но это возможно съ достаточною точностью въ случаяхъ, когда волненіе перешло въ зыбь или въ случаѣ шторма, когда при очень сильномъ вѣтрѣ волненіе поддерживается долгое время и, распространяясь на большія пространства океана, образуетъ правильную систему волнъ. Очень важно наблюдать одновременно высоту и длину волнъ для выясненія отношенія между ними, а также и предѣльные размѣры длины и высоты волнъ. Повидимому, отношеніе высоты къ длинѣ становится меньше по мѣрѣ увеличенія размѣровъ волненія и отъ 1 : 10 или 1 : 21 доходитъ до 1 : 35.

Весьма интересны и важны наблюденія относительно времени, потребнаго для достиженія волненіемъ полнаго развитія въ зависимости отъ силы дующаго вѣтра. Обыкновенно такіе предѣльные размѣры волненіемъ достигаются довольно скоро, и потому наблюденія подобнаго рода могутъ производиться въ морѣ относительно легко, надо только

внимательно слѣдить за возникновеніемъ волненія и повторными наблюденіями убѣждаться, что оно достигло своей предѣльной величины.

Независимо отъ фотограммометрическихъ изслѣдованій волненія, важно имѣть хорошіе фотографическіе снимки взволнованнаго моря, сопровождающіеся наблюденіями элементовъ волненія и вѣтра. При чемъ интересно имѣть снимки не только сильнаго волненія, но и всѣхъ его постепенныхъ переходныхъ состояній.

Наблюденія волненія въ моряхъ не менѣе интересны, нежели въ океанѣ, тѣмъ болѣе, что о величинахъ элементовъ волненія въ моряхъ извѣстно очень мало.

Конечно, всѣ указанныя наблюденія требуютъ затраты не только времени и труда, но и главнымъ образомъ вниманія. Можно много плавать и не встрѣтить ни одного удобнаго случая для наблюденія волненія просто по недостатку вниманія; этимъ-то, между прочимъ, и замѣчательны наблюденія лейтенанта Парри, который все свое время въ плаваніи посвятилъ наблюденіямъ волненія и потому и сумѣлъ найти такое большое число удобныхъ случаевъ.

На берегу также можно многое сдѣлать для наблюденія волненія. Если волна, напримѣръ, пробѣгаетъ вдоль стѣнки гавани, расположенной по направленію движенія волнъ, то легко наблюдать размѣры орбитъ поверхностныхъ частицъ и одновременно отмѣчать глубину, на которой волненіе начинаетъ разбиваться, образуя пѣнистые гребни. Наблюденія періодовъ зыби, приходящей изъ открытаго океана или моря, имѣетъ большое значеніе, давая для внутренняго моря матеріалъ для сужденія о предѣльныхъ размѣрахъ волненія въ немъ, а на берегу океана для составленія понятія, откуда зыбь достигаетъ до наблюдателя, и опредѣленія предѣловъ ея распространенія.

Наблюденія приливовъ могутъ дать особенно интересные результаты, если они продолжительны и производятся самопишущимъ приборомъ; но и наблюденія по футштоку, даже и кратковременныя (но не менѣе 15 дней), но ежечасныя, желательны, такъ какъ они покажутъ характеръ прилива, т.-е. приближается ли явленіе прилива въ избранномъ мѣстѣ къ правильному полусуточному типу, или оно отличается большою суточною составляющею. Оба эти обстоятельства имѣютъ и практическое значеніе, потому что, если приливъ полусуточнаго характера, то нетрудно получить изъ наблюденій приближенный прикладной

часъ, который въ этомъ случаѣ будетъ давать достаточно хорошо для практики моменты полной и малой воды. Элементы прилива такъ еще мало изучены (существуетъ всего только около 700 мѣстъ, для которыхъ изслѣдованы элементы прилива), что всякое новое данное о нихъ очень цѣнно.

Теченія также изучены только въ общихъ чертахъ; въ началѣ «Послѣсловія» уже были приведены указанія о тѣхъ колебаніяхъ, какія наблюдаются въ теченіяхъ. Оказывается, что бываютъ еще кратковременныя перемѣны скоростей теченій, похожія на такія же измѣненія въ скоростяхъ вѣтра. Случаются затѣмъ колебанія съ короткими періодами въ нѣсколько часовъ, накладывающіяся другъ на друга; существуютъ колебанія годового періода и колебанія многолѣтнія. Пока всѣ такія колебанія удалось подмѣтить въ моряхъ, омывающихъ сѣверо-западную Европу, благодаря установленію «Международнымъ Совѣтомъ по изслѣдованію моря» (см. Введеніе, стр. *63*) наблюденій, повторяющихся ежегодно четыре раза по тѣмъ же линіямъ. Подобныхъ наблюденій въ открытомъ океанѣ въ полосахъ большихъ теченій почти не было, можно указать только на наблюденія Пильсбёри въ Гольфстримѣ въ Мексиканскомъ зал. и у береговъ Соединенныхъ Штатовъ. Они показали и тамъ существованіе колебаній въ скорости теченія, повидимому, связанныхъ съ измѣненіемъ склоненія Луны. Можно съ увѣренностью думать, что и всѣ вообще океаническія теченія должны имѣть колебанія въ скорости, массѣ, температурѣ, какъ кратковременныя, случайнаго характера, такъ и систематическія всякихъ періодовъ. Въ этомъ отношеніи для наблюдателей и изслѣдователей имѣется въ океанѣ и моряхъ почти нетронутое поле дѣятельности.

Дрейфовая гипотеза Цёпприца оказалась не удовлетворяющею многимъ явленіямъ, наблюдаемымъ въ океаническихъ теченіяхъ. Замѣнившая ее гипотеза Экмана во многихъ отношеніяхъ полнѣе и лучше, но уже и теперь въ ней намѣчается нѣсколько неясныхъ сторонъ.

Отчасти она можетъ быть еще улучшена съ аналитической стороны, но многое можетъ быть сдѣлано и собираніемъ совмѣстныхъ наблюденій надъ теченіями воздушными и океаническими для выясненія связи между ними, провѣрки величины угла отклоненія теченія отъ вѣтра и постепеннаго поворота направленія теченія съ увеличеніемъ глубины, а также опредѣленія глубины тренія. Изученіе скоростей теченій непо-

средственными измѣреніями ихъ на поверхности и на глубинахъ въ сопоставленіи со способомъ Бьеркнеса дастъ возможность постепенно выяснить размѣры и величину внутренняго тренія въ теченіяхъ, что̀ значительно подвинетъ впередъ вопросъ объ изученіи движенія океаническихъ водъ.

Такимъ образомъ изъ сказаннаго выше слѣдуетъ, что для движенія впередъ океанографіи и возможности развитія ея приложеній къ жизни, необходимы наблюденія и изслѣдованія, которыя удобнѣе всего производить морякамъ. При этомъ задача изслѣдованій облегчается еще тѣмъ, что и отдѣльныя, кратковременныя и даже отрывочныя наблюденія важны и полезны, лишь бы они были произведены съ любовью къ дѣлу и тщательностью. Итакъ, отъ наблюденій кратковременныхъ и не сложныхъ до наблюденій по обширному плану и разносторонніхъ обслѣдованій имѣется громадный просторъ для всякаго рода трудовъ, гдѣ положительно каждый найдетъ себѣ работу по силамъ и задачу по умѣнью, лишь бы только было желаніе. А затѣмъ «лиха бѣда—начало».

Ю. Шокальскій.

„Могущество и обширность морей, Россійскую Имперію окружающихъ, требуютъ такового рачения и знанія".

М. Ломоносовъ.

20 Сент. 1763 г.

ТАБЛИЦЫ

для перевода однѣхъ мѣръ въ другія, встрѣчающихся въ курсѣ океанографіи.

1—Таблица поправокъ прикладного часа, заимствовано изъ „Мореходныхъ таблицъ“ Главнаго Гидрографическаго Управленія. Въ сокращенномъ изданіи этихъ таблицъ она значится подъ № 47, а въ полномъ изданіи—подъ № 61.
2—Переводъ англійскихъ или русскихъ футовъ въ метры и обратно.
3—Переводъ морскихъ миль въ километры и обратно.
4—Переводъ метровъ въ морскія сажени.
5—Переводъ морскихъ саженъ въ метры.
6—Переводъ скоростей въ морскихъ миляхъ за 1 ч. и за 24 ч. въ сантиметры въ секунду и обратно.

Таблица 61.

ПОПРАВКА ПРИКЛАДНАГО ЧАСА.

Прохожд. ☾	ПОЛДІАМЕТРЪ ЛУНЫ.									Прохожд. ☾
	16′ 30″	16′ 15″	16′ 0″	15′ 45″	15′ 30″	15′ 15″	15′ 0″	14′ 45″	14′ 30″	
0ч 0м	−0ч 3м	−0ч 2м	−0ч 2м	−0ч 1м	−0ч 0м	+0ч 1м	+0ч 2м	+0ч 2м	+0ч 3м	12ч 0м
0 20	0 8	0 7	0 7	0 6	0 5	−0 5	−0 4	−0 3	−0 3	12 20
0 40	0 12	0 12	0 11	0 11	0 11	0 10	0 10	0 10	0 9	12 40
1 0	0 17	0 17	0 17	0 17	0 16	0 16	0 16	0 16	0 15	13 0
1 20	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	13 20
1 40	0 27	0 27	0 27	0 27	0 28	0 28	0 28	0 28	0 29	13 40
2 0	0 32	0 32	0 32	0 33	0 33	0 34	0 34	0 34	0 35	14 0
2 20	0 36	0 37	0 37	0 38	0 39	0 39	0 40	0 41	0 41	14 20
2 40	0 41	0 42	0 42	0 43	0 44	0 45	0 46	0 46	0 47	14 40
3 0	0 45	0 46	0 47	0 48	0 49	0 50	0 51	0 52	0 53	15 0
3 30	0 51	0 52	0 53	0 54	0 56	0 57	0 59	1 0	1 2	15 30
4 0	0 56	0 57	0 59	1 0	1 2	1 3	1 5	1 7	1 9	16 0
4 30	0 59	1 1	1 2	1 4	1 6	1 8	1 10	1 13	1 15	16 30
5 0	1 0	1 2	1 4	1 6	1 8	1 10	1 13	1 16	1 19	17 0
5 30	0 58	1 0	1 2	1 4	1 7	1 10	1 12	1 15	1 19	17 30
6 0	0 55	0 55	0 57	0 59	1 2	1 4	1 7	1 10	1 14	18 0
6 20	0 47	0 49	0 51	0 53	0 55	0 57	1 0	1 3	1 6	18 20
6 40	0 40	0 41	0 43	0 44	0 46	0 48	0 50	0 52	0 55	18 40
6 50	0 36	0 37	0 38	0 39	0 40	0 42	0 44	0 46	0 48	18 50
7 0	0 31	0 32	0 33	0 34	0 35	0 36	0 37	0 38	0 40	19 0
7 10	0 27	0 27	0 27	0 28	0 28	0 29	0 30	0 30	0 31	19 10
7 20	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	0 22	19 20
7 30	0 17	0 17	0 16	0 16	0 16	0 15	0 14	0 14	0 13	19 30
7 40	0 13	0 12	0 11	0 10	0 9	0 8	0 7	−0 6	−0 4	19 40
7 50	0 8	0 7	0 6	0 5	−0 3	−0 2	−0 0	+0 2	+0 4	19 50
8 0	−0 4	−0 3	−0 1	−0 0	+0 2	+0 4	+0 6	0 8	0 11	20 0
8 20	+0 3	+0 5	+0 7	+0 9	0 11	0 13	0 16	0 19	0 22	20 20
8 40	0 9	0 11	0 13	0 15	0 18	0 20	0 23	0 26	0 30	20 40
9 0	0 13	0 15	0 17	0 19	0 22	0 24	0 27	0 30	0 34	21 0
9 30	0 16	0 18	0 20	0 22	0 24	0 27	0 29	0 32	0 35	21 30
10 0	0 15	0 17	0 19	0 21	0 23	0 25	0 27	0 30	0 32	22 0
10 30	0 13	0 14	0 16	0 18	0 19	0 21	0 23	0 25	0 27	22 30
11 0	0 9	0 10	0 11	0 13	0 14	0 15	0 17	0 19	0 20	23 0
11 20	0 5	0 6	0 7	0 8	0 10	0 11	0 12	0 14	0 15	23 20
11 40	+0 1	+0 2	+0 3	+0 4	0 5	0 6	0 7	0 8	0 9	23 40
12 0	−0 3	−0 2	−0 2	−0 1	0 0	0 1	0 2	0 2	0 3	24 0

Англійскіе или русскіе футы въ метры.

1 ф. = 0,304 800 6 м.; 1 м. = 3,280 833 ф.

единицы / десятки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Футы									
	Метры									
0	0,000	0,305	0,610	0,914	1,219	1,524	1,829	2,134	2,438	2,743
10	3,048	3,353	3,658	3,962	4,267	4,572	4,877	5,182	5,486	5,791
20	6,096	6,401	6,705	7,010	7,315	7,620	7,925	8,230	8,534	8,839
30	9,144	9,449	9,753	10,058	10,363	10,668	10,973	11,278	11,582	11,887
40	12,192	12,497	12,801	13,106	13,411	13,716	14,021	14,326	14,630	14,935
50	15,240	15,544	15,849	16,154	16.459	16,764	17,069	17,374	17,678	17,983
60	18,288	18,592	18,897	19,202	19,507	19,812	20,117	20,422	20,726	21,031
70	21,336	21,640	21,945	22,250	22,555	22,860	23,165	23,470	23,774	24,079
80	24,384	24,688	24,993	25,298	25,603	25,908	26,213	26,518	26,822	27,127
90	27,432	27,737	28,042	28,346	28,651	28,956	29,261	29,566	29,870	30,175
100	30,480	30,785	31,090	31,394	31,699	32,004	32,309	32,614	32,918	33,223

Метры въ англійскіе или русскіе футы.

1 метръ = 39,3700 дюйм. = 3,280 833 фута.

единицы / десятки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Метры									
	Футы									
0	0,00	3,28	6,56	9,84	13,12	16,40	19,68	22,97	26,25	29,53
10	32,81	36,09	39,37	42,65	45,93	49,21	52,49	55,77	59,05	62,34
20	65,62	68,90	72.18	75,46	78,74	82,02	85,30	88,58	91,86	95,14
30	98,42	101,71	104,99	108,27	111,55	114,83	118,11	121,39	124,67	127,95
40	131,23	134,51	137,79	141,08	144,36	147,64	150,92	154,20	157,48	160,76
50	164,04	167,32	170,60	173,88	177,16	180,45	183,73	187,01	190,29	193,57
60	196,85	200,13	203,41	206,69	209,97	213,25	216,53	219,82	223,10	226,38
70	229,66	232,94	236,22	239,50	242,78	246,06	249,34	252,62	255,90	259,19
80	262,47	265,75	269,03	272,31	275,59	278,87	282,15	285,43	288,71	291,99
90	295,27	298,56	301,84	305,12	308,40	311,68	314,96	318,24	321,52	324,80
100	328,08	331,36	334,64	337,93	341,21	344,49	347,77	351,05	354,33	357,61

Морскія мили въ километры.

1 морская миля = 1,852 016 килом.; 1 кил. = 0,540 морск. мили.

	Морскія мили									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	километры									
0	0,0	1,9	3,7	5,6	7,1	9,3	11,1	13,0	14,8	16,7
10	18,5	20,4	22,2	24,1	25,9	27,8	29,6	31,5	33,3	35,2
20	37,0	38,9	40,7	42,6	44,4	46,3	48,2	50,0	51,9	53,7
30	55,6	57,4	59,3	61,1	63,0	64,8	66,7	68,5	70,4	72,2
40	74,1	75,9	77,8	79,6	81,5	83,3	85,2	87,0	88,9	90,7
50	92,6	94,5	96,3	98,2	100,0	101,9	103,7	105,6	107,4	109,3
60	111,1	113,0	114,8	116,7	118,5	120,4	122,2	124,1	125,9	127,8
70	129,6	131,5	133,3	135,1	137,1	138,9	140,8	142,6	144,5	146,3
80	148,2	150,0	151,9	153,7	155,6	157,4	159,3	161,1	163,0	164,8
90	166,7	168,5	170,4	172,2	174,1	175,9	177,8	179,6	181,5	183,3
100	185,2	187,0	188,9	190,7	192,6	194,4	196,3	198,1	200,0	201,8

Километры въ морскія мили.

	Километры									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Морскія мили									
0	0,0	0,5	1,1	1,6	2,2	2,7	3,2	3,8	4,3	4,9
10	5,4	5,9	6,5	7,0	7,6	8,1	8,6	9,2	9,7	10,3
20	10,8	11,3	11,9	12,4	13,0	13,5	14,0	14,6	15,1	15,7
30	16,2	16,7	17,3	17,8	18,4	18,9	19,4	20,0	20,5	21,1
40	21,6	22,1	22,7	23,2	23,8	24,3	24,8	25,4	25,9	26,5
50	27,0	27,5	28,1	28,6	29,2	29,7	30,2	30,8	31,3	31,9
60	32,4	32,9	33,5	34,0	34,6	35,1	35,6	36,2	36,7	37,3
70	37,8	38,3	38,9	39,4	40,0	40,5	41,0	41,6	42,1	42,7
80	43,2	43,7	44,3	44,8	45,4	45,9	46,4	47,0	47,5	48,1
90	48,6	49,1	49,7	50,2	50,8	51,3	51,8	52,4	52,9	53,5
100	54,0	54,5	55,1	55,6	56,2	56,7	57,2	57,8	58,3	58,9

Метры въ морскія сажени.

1 морская сажень = 6 футамъ.

Метры тысячи.	Сотни									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	Морскія сажени									
0	0,00	54,68	109,36	164,04	218,73	273,41	328,09	382,77	437,45	492,13
1000	546,82	601,50	656,18	710,86	765,54	820,22	874,91	929,59	984,27	1038,95
2000	1093,63	1148,32	1203,00	1257,68	1312,36	1367,04	1421,72	1476,41	1531,09	1585,77
3000	1640,45	1695,13	1749,81	1804,50	1859,18	1913,86	1968,54	2023,22	2077,90	2132,59
4000	2187,27	2241,95	2296,63	2351,31	2405,99	2460,68	2515,36	2570,04	2624,72	2679,40
5000	2734,08	2788,77	2843,45	2898,13	2952,81	3007,49	3062,77	3116,86	3171,54	3226,22
6000	3280,90	3335,58	3390,26	3444,95	3499,63	3554,31	3608,99	3663,67	3718,35	3773,04
7000	3827,72	3882,40	3937,08	3991,76	4046,44	4101,13	4155,81	4210,49	4265,17	4319,85
8000	4374,53	4429,22	4483,90	4538,58	4593,26	4647,94	4702,62	4757,31	4811,99	4866,67
9000	4921,35	4976,03	5030,71	5085,40	5140,08	5194,76	5249,44	5304,12	5358,80	5413,49

Метры десятки.	Единицы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Морскія сажени									
0	0,00	0,55	1,09	1,64	2,19	2,73	3,28	3,83	4,37	4,92
10	5,47	6,02	6,56	7,11	7,66	8,20	8,75	9,30	9,84	10,39
20	10,94	11,48	12,03	12,58	13,12	13,67	14,22	14,76	15,31	15,86
30	16,40	16,95	17,50	18,04	18,59	19,14	19,69	20,23	20,78	21,33
40	21,87	22,42	22,97	23,51	24,06	24,61	25,15	25,70	26,25	26,79
50	27,34	27,89	28,43	28,98	29,53	30,07	30,62	31,17	31,72	32,26
60	32,81	33,36	33,90	34,45	35,00	35,54	36,09	36,64	37,18	37,73
70	38,28	38,82	39,37	39,92	40,46	41,01	41,56	42,70	42,65	43,20
80	43,75	44,29	44,84	45,39	45,93	46,48	47,03	47,57	48,12	48,67
90	49,21	49,76	50,31	50,85	51,40	51,95	52,49	53,04	53,59	54,13

Морскія сажени (fathoms) въ метры

1 м. с. = 1,828 768 м.

Саж. тысячи.	Сотни									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	Метры									
0	0,00	182,88	365,75	548,63	731,51	914,38	1097,26	1280,14	1463,01	1645,89
1000	1828,77	2011,65	2194,52	2377,40	2560,28	2743,15	2926,03	3108,91	3291,78	3474,66
2000	3657,53	3840,41	4023,28	4206,16	4389,04	4571,91	4754,79	4937,67	5120,54	5303,42
3000	5486,30	5669,18	5852,05	6034,43	6217,81	6400,68	6583,56	6766,44	6949,31	7132,19
4000	7315,07	7497,95	7680,82	7863,70	8046,58	8229,45	8412,33	8595,21	8778,08	8960,96
5000	9143,83	9326,71	9509,58	9692,46	9875,34	10058,21	10241,09	10423,97	10606,84	10789,72
6000	10972,60	11155,48	11338,35	11521,23	11704,11	11886,98	12069,86	12252,73	12435,61	12618,49
7000	12801,37	12984,25	13167,12	13350,00	13532,88	13715,75	13898,63	14081,51	14264,38	14447,26
8000	14630,14	14813,02	14995,89	15178,77	15361,65	15544,52	15727,40	15910,27	16093,15	16276,03
9000	16458,90	16641,78	16824,65	17007,53	17190,41	17373,28	17556,16	17739,04	17921,92	18104,80

Саж. десятки.	Единицы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Метры									
0	0,00	1,83	3,36	5,49	7,32	9,14	10,97	12,80	14,63	16,46
10	18,29	20,12	21,95	23,77	25,60	27,43	29,26	31,09	32,92	34,75
20	36,58	38,40	40,23	42,06	43,89	45,72	47,55	49,38	51,21	53,03
30	54,86	56,69	58,52	60,35	62,18	64,01	65,84	67,66	69,49	71,92
40	73,15	74,98	76,81	78,64	80,47	82,29	84,12	85,95	87,78	89,61
50	91,44	93,27	95,10	96,92	98,75	100,58	102,41	104,24	106,07	107,90
60	109,73	111,55	113,38	115,21	117,04	118,87	120,70	122,53	124,36	126,18
70	128,01	129,84	131,67	133,50	135,33	137,16	138,99	140,82	142,64	144,47
80	146,30	148,13	149,96	151,79	153,62	155,45	157,27	159,10	160,93	162,76
90	164,59	166,42	168,25	170,08	171,90	173,73	175,56	177,39	179,22	181,05

Число морских миль		Числа	Число сантим. въ секунду	Число морских миль		Числа	Число сантим. въ секунду	Число морских миль		Числа	Число сантим. въ секунду
въ 24 ч.	въ 1 ч.			въ 24 ч.	въ 1 ч.			въ 24 ч.	въ 1 ч.		
0.00	0.00	0	0,0	23.28	0.97	50	107,2	46.56	1.94	100	214.4
0.48	0.02	1	2,1	23.76	0.99	51	109,8	47.04	1.96	101	216,5
0.96	0.04	2	4,3	24.24	1.01	52	111,5	47.52	1.98	102	218,6
1.44	0 06	3	6,4	24.72	1.03	53	113,6	48.00	2.00	103	220,8
1.92	0.08	4	8,6	25.20	1.05	54	115,8	48.48	2.02	104	222,9
2.40	0.10	5	10,7	25.68	1.07	55	117,9	48.96	2.04	105	225,1
2.88	0.12	6	12,9	26.16	1.09	56	120,0	49.44	2.06	106	227,2
3.36	0.14	7	15,0	26.64	1.11	57	122,2	49.92	2.08	107	229,4
3.84	0.16	8	17,1	27.12	1.13	58	124,3	50.40	2.10	108	231,5
4.08	0.17	9	19,3	27.60	1.15	59	126,5	50.88	2.12	109	233,6
4.56	0.19	10	21,4	28.08	1.17	60	128,6	51.36	2.14	110	235,8
5.04	0.21	11	23,6	28.56	1.19	61	130,8	51.84	2.16	111	237.9
5.52	0.23	12	25,7	29.04	1.21	62	132,9	52.32	2.18	112	240,1
6.00	0.25	13	27,9	29.28	1.22	63	135,0	52.80	2.20	113	242,2
6.48	0.27	14	30,0	29.76	1.24	64	137,2	53.28	2.22	114	244.4
6.96	0.29	15	32,2	30.24	1.25	65	139,3	53.76	2.24	115	246,5
7.44	0.31	16	34,3	30.72	1.28	66	141,5	54.24	2.26	116	248,7
7.92	0.33	17	36,4	31.20	1.30	67	143,6	54.48	2.27	117	250,8
8.40	0.35	18	38,6	31.68	1.32	68	145,8	54.96	2.29	118	252,9
8.88	0.37	19	40,7	32.16	1.34	69	147,9	55.44	2.31	119	255,1
9.36	0.39	20	42,9	32.64	1.36	70	150,0	55.92	2.33	120	257,2
9.84	0.41	21	45,0	33.12	1.38	71	152,2	56.40	2.35	121	259.4
10.32	0.43	22	47,2	33.60	1.40	72	154,3	56.88	2.37	122	261,5
10.80	0.45	23	49,3	34.08	1.42	73	156,5	57.36	2.39	123	263.7
11.28	0.47	24	51,4	34.56	1.44	74	158,6	57.84	2 41	124	265,8
11.76	0.49	25	53,6	35.04	1.46	75	160,8	58.32	2.43	125	267.9
12.24	0.51	26	55,7	35.52	1.48	76	162,9	58.80	2.45	126	270,1
12.48	0.52	27	57,9	36.00	1.50	77	165,1	59.28	2.47	127	272,2
12.96	0.54	28	60,0	36.48	1.52	78	167,2	59.76	2.49	128	274.4
13.44	0.56	29	62,2	36.96	1.54	79	169,3	60.24	2.51	129	276.5
13.92	0 58	30	64,3	37.44	1.56	80	171,5	60.72	2.53	130	278,7
14.40	0.60	31	66,4	37.68	1.57	81	173,6	61.20	2.55	131	280,8
14.88	0.62	32	68,6	38.16	1.59	82	175,8	61.68	2.57	132	282,9
15.36	0.64	33	70,7	38.64	1.61	83	177,9	62.16	2.59	133	285,1
15.84	0.66	34	72,9	39.12	1.63	84	180,1	62.40	2.60	134	287,2
16.32	0.68	35	75,0	39.60	1.65	85	182,2	62.88	2.62	135	289.4
16.80	0.70	36	77,2	40.08	1.67	86	184,3	63.36	2.64	136	291,5
17.28	0.72	37	79,3	40.56	1.69	87	186,5	63.84	2.66	137	293.7
17.76	0.74	38	81,5	41.04	1.71	88	188,6	64.32	2.68	138	295,8
18.24	0.76	39	83,6	41.52	1.73	89	190,8	64.80	2.70	139	298,0
18.72	0.78	40	85,7	42.00	1.75	90	192,9	65.28	2.72	140	300.1
19.20	0.80	41	87,9	42.48	1.77	91	195,1	65.76	2.74	141	302,2
19.68	0.82	42	90,0	42.96	1.79	92	197,2	66.24	2.76	142	304,4
20.16	0.84	43	92,2	43.44	1.81	93	199,3	66.72	2.78	143	306,5
20.64	0.86	44	94,3	43.92	1.83	94	201,5	67.20	2.80	144	308.7
20.88	0.87	45	96,5	44.40	1.85	95	203,6	67.68	2.82	145	310,8
21.36	0.89	46	98,6	44.88	1.87	96	205,8	68.16	2.84	146	313,0
21.84	0.91	47	100,7	45.36	1.89	97	207,9	68.64	2.84	147	315,1
22.32	0.93	48	102,9	45.84	1.91	98	210,1	69.12	2.88	148	317,2
22.80	0.95	49	105,0	46.08	1.92	99	212,2	69.60	2.90	149	319,4

Число морских миль		Числа	Число сантим. въ секунду	Число морских миль		Числа	Число сантим. въ секунду	Число морских миль		Числа	Число сантим. въ секунду
въ 24 ч.	въ 1 ч.			въ 24 ч.	въ 1 ч.			въ 24 ч.	въ 1 ч.		
70.08	2.92	150	321,5	93.36	3.89	200	428,7	116.64	4.86	250	535.9
70.56	2.94	151	323,7	93.84	3.91	201	430,9	117.12	4.88	251	538.0
70.80	2.95	152	325,8	94.32	3.93	202	433,0	117.60	4.90	252	540.2
71.28	2.97	153	328,0	94.80	3.95	203	435,1	118.08	4.92	253	542.3
71.76	2.99	154	330,1	95.28	3.97	204	437,3	118.56	4.94	254	544.5
72.24	3.01	155	332,2	95.76	3.99	205	439,4	119.04	4.96	255	546.6
72.72	3.03	156	334,4	96.00	4.00	206	441,6	119.52	4.98	256	548.7
73.20	3.05	157	336,5	96.48	4.02	207	443,7	120.00	5.00	257	550.9
73.68	3.07	158	338,7	96.96	4.04	208	445,9	120.48	5.02	258	553.0
74.16	3.09	159	340,8	97.44	4.06	209	448,0	120.72	5.03	259	555.2
74.64	3.11	160	343,0	97.92	4.08	210	450,1	121.20	5.05	260	557.3
75.12	3.13	161	345,1	98.40	4.10	211	452,3	121.68	5.07	261	559.5
75.60	3.15	162	347,3	98.88	4.12	212	454,4	122.16	5.09	262	561.6
76.08	3.17	163	349,4	99.36	4.14	213	456,6	122.64	5.11	263	563.8
76.56	3.19	164	351,5	99.84	4.16	214	458,7	123.12	5.13	264	565.9
77.04	3.21	165	353,7	100.32	4.18	215	460,9	123.60	5.15	265	568.0
77.52	3.23	166	355,8	100.80	4.20	216	463,0	124.08	5.17	266	570.2
78.00	3.25	167	358,0	101.28	4.22	217	465,1	124.56	5.19	267	572.3
78.48	3.27	168	360,1	101.76	4.24	218	467,3	125.04	5.21	268	574.5
78.96	3.29	169	362,3	102.24	4.26	219	469,4	125.52	5.23	269	576.6
79.20	3.30	170	364,4	102.72	4.28	220	471,6	126.00	5.25	270	578.8
79.68	3.32	171	366,5	103.20	4.30	221	473,7	126.48	5.27	271	580.9
80.16	3.34	172	368,7	103.68	4.32	222	475,9	126.96	5.29	272	583.0
80.46	3.36	173	370,8	104.16	4.34	223	478,0	127.44	5.31	273	585.2
81.12	3.38	174	373,0	104.40	4.35	224	480,2	127.92	5.33	274	587.3
81.60	3.40	175	375,1	104.88	4.37	225	482,3	128.40	5.35	275	589.5
82.08	3.42	176	377,3	105.36	4.39	226	484,4	128.88	5.37	276	591.6
82.56	3.44	177	379,4	105.84	4.41	227	486.6	129.12	5.38	277	593.8
83.04	3.46	178	381,5	106.32	4.43	228	488,7	129.60	5.40	278	595.9
83.52	3.48	179	383.7	106.80	4.45	229	490,9	130.08	5.42	279	598.0
84.00	3.50	180	385,8	107.28	4.47	230	493.0	130.56	5.44	280	600.2
84.48	3.52	181	388.0	107.76	4.49	231	495.2	131.04	5.46	281	602.3
84.96	3.54	182	390,1	108.24	4.51	232	497,3	131.52	5.48	282	604.5
85.44	3.56	183	392.3	108.72	4.53	233	499,4	132.00	5.50	283	606,6
85.92	3.58	184	394,4	109.20	4.55	234	501,6	132.48	5.52	284	608,8
86.40	3.60	185	396,6	109.68	4.57	235	503,7	132.96	5.54	285	610,9
86.88	3.62	186	398.7	110.16	4.59	236	505,9	133.44	5.56	286	613.1
87.36	3.64	187	400,8	110.64	4.61	237	508,0	133.92	5.58	287	615.2
87.60	3.65	188	403,0	111.12	4.63	238	510,2	134.40	5.60	288	617.3
88.08	3.67	189	405,1	111.60	4.65	239	512,3	134.88	5.62	289	619,5
88.56	3.69	190	407,3	112.08	4.67	240	514,4	135.36	5.64	290	621,6
89.04	3.71	191	409,4	112.56	4.69	241	516,6	135.84	5.66	291	623,8
89.52	3.73	192	411,6	112.80	4.70	242	518,7	136.32	5.68	292	625,9
90.00	3.75	193	413.7	113.28	4.72	243	520,9	136.80	5.70	293	628.1
90.48	3.77	194	415,8	113.76	4.74	244	523,0	137.28	5.72	294	630.2
90.96	3.79	195	418,0	114.24	4.76	245	525,2	137.52	5.73	295	632,3
91.44	3.81	196	420,1	114.72	4.78	246	527,3	138.00	5.75	296	634.5
91.92	3.83	197	422,3	115.20	4.80	247	529.5	138.48	5.77	297	638,8
92.40	3.85	198	424,4	115.68	4.82	248	531,6	139.96	5.79	298	638,8
92.88	3.87	199	426,6	116.16	4.84	249	533,7	139.44	5.81	299	640.9

Списокъ главнѣйшихъ источниковъ.

Ниже приведенъ перечень главнѣйшихъ источниковъ, коими пользовались при составленіи настоящаго труда. Конечно, тутъ не могли быть указаны всѣ источники, въ особенности многія статьи въ журналахъ и сборникахъ, какъ, напримѣръ, въ „Nature“, „Geographical Journal“, „Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie“, „Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences de Paris“, „Philosophical Transactions“ и другихъ. Здѣсь также перечислены и главнѣйшія лоціи русскія и иностранныя, коими пользовались для разныхъ мелкихъ указаній. Изъ атласовъ и картъ указаны только важнѣйшія. Такимъ образомъ прилагаемый списокъ вовсе не представляетъ какой-либо попытки библіографіи океанографіи, а только указаніе главныхъ источниковъ, послужившихъ въ этой работѣ.

1. Л. С. Бергъ.—Аральское море. Опытъ физико-географической монографіи (Извѣстія Туркест. Отд. Имп. Русск. Географ. Общ. Т. V). С.-Петербургъ, 1908.

2. Л. Л. Брейтфусъ и Г. Гебель.—О теченіяхъ въ Баренцовомъ и сосѣднихъ моряхъ (Эксп. для научно-промысл. изслѣдов. у береговъ Мурмана. Отчетъ 1904). С.-Петербургъ, 1908.

3. Л. Брейтфусъ.—Экспедиція для научно-промысловыхъ изслѣдованій у береговъ Мурмана (Отчеты о работахъ за 1902—1906 гг.). Петроградъ, 1903—1915.

4. А. Бухтѣевъ.—Наблюденія приливовъ на Мурманѣ и обработка этихъ наблюденій (Зап. по Гидрографіи, вып. XXXII). С.-Петербургъ, 1910.

5. А. М. Бухтѣевъ.—Данныя о приливахъ Сѣвернаго Ледовитаго океана (въ предѣлахъ русскихъ береговъ и Бѣлаго моря). (Записки по Гидрографіи, Т. XI, 1915—16 г.). Петроградъ, 1916.

6. М. Е. Жданко.—Къ вопросу объ изслѣдованіи морскихъ теченій (Зап. по гидрогр.). С.-Петербургъ, 1913.

7. И. Ивашинцовъ.—Русскія кругосвѣтныя путешествія съ 1803 по 1849 г. С.-Петербургъ, 1872.

8. К. Келлеръ.—Жизнь моря. Животный и растительный міръ моря, его жизнь и взаимоотношенія (перев. П. Ю. Шмидта). С.-Петербургъ, 1905.

9. Н. М. Книповичъ.—Основы гидрологіи Европейскаго Ледовитаго океана (Зап. Имп. Русск. Географ. Общ. Т. XLII). С.-Петербургъ, 1906.

10. Н. М. Книповичъ.—Экспедиція для научно-промысловыхъ изслѣдованій у береговъ Мурмана (Отчеты о работахъ за 1898—1901 гг.). С.-Петербургъ, 1902—1904.

11. А. Колчакъ.—Ледъ Карскаго и Сибирскаго морей (Научные результаты русской полярной экспедиціи въ 1900—1903 гг. подъ начальствомъ барона Э. Толля. Зап. Академіи Наукъ, сер. VIII. Т. XXVI, № 1). С.-Петербургъ, 1909.

12. А. Лебединцевъ.—Гидрологическія и гидрохимическія изслѣдованія восточной части Балтійскаго моря 1893 г. (Деп. Земледѣлія, Гл. Упр. Земл. и Землеустр.). С.-Петербургъ, 1910.

13. Э. Майдель, баронъ.—Физико-географическій очеркъ Китайскаго и Желтаго морей. С.-Петербургъ, 1904.

14. С. О. Макаровъ.—*Ермакъ* во льдахъ.—Описаніе постройки ледокола *Ермакъ* и сводъ научныхъ матеріаловъ, собранныхъ въ плаваніи. С.-Петербургъ, 1901.

15. С. О. Макаровъ.—*Витязь* и Тихій океанъ.—Гидрологическія наблюденія, произведенныя офицерами корвета „Витязь“ во время кругосвѣтнаго плаванія 1886 — 89 гг. и сводъ наблюденій надъ температурою и удѣльнымъ вѣсомъ воды Сѣв. Тихаго ок. С.-Петербургъ, 1894.

16. С. О. Макаровъ.—Объ обмѣнѣ водъ Чернаго и Средиземнаго морей (Зап. Имп. Акад. Наукъ. Т. LI, № 6). С.-Петербургъ, 1885.

17. Ф. Нансенъ.—Причины морскихъ теченій (Морск. Сб.). С.-Петербургъ, 1908.

18. В. Стаховичъ. — Данныя о приливахъ Восточнаго океана. (Записки по Гидрографіи. Т. XXXIX, вып. 3). Петроградъ, 1915.

19. У. Уайтъ.—Руководство по теоріи кораблестроенія. Переводъ съ англ. Изд. Морск. Мин-ва. С.-Петербургъ, 1885.

20. Ю. Шокальскій.—Очеркъ развитія физики океановъ. Москва, 1900 г.

21. І. фонъ-Шпиндлеръ.—Матеріалы по гидрологіи Чернаго и Азовскаго морей, собранныя въ экспедиціяхъ 1890—1891 гг. С.-Петербургъ, 1899.

22. І. фонъ-Шпиндлеръ.—Матеріалы по гидрологіи Мраморнаго моря, собранные въ экспедиціи 1894 г. С.-Петербургъ, 1896.

23. І. фонъ-Шпиндлеръ.—Лекціи по Физической географіи. С.-Петербургъ, 1903.

24. „Ежегодники приливовъ Восточнаго океана“ и „Ежегодники приливовъ Сѣв. Ледовитаго ок. и Бѣлаго м.“ —за 1914—16 гг. Изданіе Гл. Гидрографическаго Управленія Морск. Мин.

25. „Записки по Гидрографіи“ съ 1887—1917 гг. (Изд. Гл. Гидрогр. Управл. Морск. Мин-ва). Петроградъ.

26. Лоція Чернаго и Азовскаго морей. Изданіе Гл. Гидрографическаго Управленія Морск. Мин. Петроградъ, 1916.

27. „Гидро-метеорологическій сборникъ“ за 1890 —1913 гг. С.-Петербургъ, 1898—1917 гг.

28. Труды Каспійской экспедиціи 1904. Т. I – III. С.-Петербургъ, 1910—13.

29. Лоція Мурманскаго берега. Изд. Гл. Гидрогр. Упр. Морск. Мин. Петроградъ, 1901.

1. R. Abercromby.—Observations on the height, length, and velocity of ocean waves (Phylosophical Magazine and Journal of Science, vol. XXV, 5—series). London, 1888.

2. A. Agassiz.—Report on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific 1899—1900 (Mem. of the Museum of comparative zoology at Harvard College, vol. XXVIII). Part I—IV. Cambridge. U. S. 1903.

3. A. Agassiz.—Report on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific. 1904—1905 (Mem. of the Museum of compar. zoology at Harvard College. Vol. XXXIII). Cambridge, U. S., 1906.

4. M. G. Aimé.—Recherches de physique générale sur la Méditerranée (Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840—42). Paris, 1845.

5. G. B. Airy.—On tides and waves (Encyclopedia Metropolitana). London, 1842.

6. F. Akerblom.— Recherches océanographiques. Expédition de A. Nathorst en 1899. Upsala, 1904.

7. Ch. Antoine.—Les lames de haute mer (Revue Marit. et Colon. Mars—Avril). Paris, 1879.

8. H. Arctowski. — Géographie physique de la région antarctique, visitée par l'expédition de la *Belgica*. Bruxelles, 1900.

9. A. W. Baird.—A manual for tidal observations and their reduction by the method of harmonic analysis. London, 1886.

10. A. B. Becher.— Bottle papers with chart of Atlantic ocean (The Nautical Magazin, 1843, 1852). London.

11. W. Bell Dawson.—Survey of tides and currents in Canadian waters. Ottawa, 1902.

12. W. Bell Dawson.—Methods of investigations of tides and currents. A review of the general methods adopted, in a new field of investigation, by the Tidal survey of Canada (Trans. of the Royal Soc. of Canada. Vol. IV, Sect. III). Ottawa, 1911.

13. V. Bjerknes.— Ueber die Bildung von Circulationsbewegungen und Wirbeln in reibungslosen Flüssigkeiten (Skrift. Vidensk. selsk. i Christiania). Kristiania, 1899.

14. V. Bjerknes.—Ueber einen hydrodinamischen Fundamentalsatz und Seine Anwendung besonders auf die Mechanik der Atmosphäre und des Weltmeeres (Kon. Svenska Vetensk. Akademiens Handlingar). Stockholm, 1898—99.

15. V. Bjerknes.—Dynamic Meteorology and Hydrography (Carnegie Institution). P. I—II. Washington, 1910—1911.

16. L. E. Bertin.—Memoir on the experimental study of waves (Transactions of the Institution of Naval Architects. Vol. XIV). London, 1873.

17. F. Bidlingmaier.—Ebbe und Flut (Meereskunde sammlung volkstümlicher vorträge. . . .). Berlin, 1908.

18. W. Brennecke.—Ozeanographie. Vol. III, 1—2 p. (Forschungsreise S. M. S. *Planet* 1906—1907). Berlin, 1909.

19. W. Brennecke. — Deutsche Antarktische Expedition (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde). Berlin, 1914.

20. W. Brennecke.—Ozeanographische Arbeiten der Deutschen Antarctischen Expedition 1911—12 (Annalen d. Hydr. u. Marit. Met. 1911—14). Berlin.

21. A. Buchan.—Report on oceanic circulation, based on the observations made on board H. M. S. *Challenger*, and other observations (Report on the Scientific results of the voyage of H. M. S. *Challenger* during the years 1872—76). London, 1895.

22. J. Buchanan.— A retrospect of oceanography during the last twenty years (Report of the 6 Intern. Geograph. Congress). London, 1895.

23. J. Buchanan. — Experimental Researches on the specific gravity and the displacement of some saline solutions (Transact. of the Royal Society of Edinburgh Vol. XLIX, Part I). Edinburgh, 1912.

24. J. S. Buchanan.— On tidal currents in the Ocean (Proceed. of the Royal Soc. Vol. 43). London, 1884.

25. W. Carpenter.— Summary of recent observations on ocean temperature made in H. M. S. *Challenger* and U. S. S. *Tuscarora*, with their bearing on the doctrine of a general oceanic circulation sustained by difference of temperature (Proc. R. Soc. Vol. XIX). London, 1870.

26. W. Carpenter.— Further inquiries on oceanic circulation (Proceedings of the Royal Geograph. Soc. Vol. XVIII). London, 1874.

27. A. Cialdi.—Sul moto ondoso del mare e su le correnti di esso specialmente su quelle littorali. Sec. ediz. Roma, 1866.

28. R. Chalmers.—Rapport sur la géologie de surface de l'est du Nouveau-Brunswick, du N. O. de la Nouvelle-Ecosse et d'une partie de l'île du Pr. Edouard (Marées de la baie de Fundy) (Compte Rendu des opérations de la commission de géologie du Canada, 1894). Ottawa, 1895.

29. A. H. Clark.—A study of the salinity of the surface water in the N. Pacific oc. and in the adjacent enclosed seas (Smittson. miscellaneous collections. Vol. 60, № 13). Washington, 1912.

30. A. H. Clark.—The circulation of the abyssal waters of the Ocean, as indicated by the geographical and bathymetrical distribution of the recent crinoids (Bullet. de l'Institut Océanographique № 285). Monaco, 1914.

31. A. H. Clark.—Une étude phylosophique de la relation entre les crinoïdes actuels et la température de leur habitat (Bullet. de l'Institut Océanographique № 294). Monaco, 1914.

32. P. T. Cleve.—A treatise on the phytoplankton of the Atlantic and its tributaries etc. Upsala, 1897.

33. P. T. Cleve.—On the origin of Gulfstreamwater (Kon. Vetensk.—Akadem. Ferhandlingar, № 9). Stockholm, 1899.

34. M. Comoy.—Etude pratique sur les marées fluviales et notamment sur le mascaret, application aux travaux de la partie maritime des fleuves, avec atlas. Paris, 1881.

35. W. H. Dall.—Report on the currents and temperatures of Bering Sea and the adjacent waters (Coast and Geod. Survey Report). Washington, 1880.

36. G. Darwin, sir.—The tides (Encyclopedia Britannica).

37. G. Darwin, sir.—The tides and kindred phenomena in the solar system. 3—rd edition. London, 1911.

38. H. N. Dickson.—The mouvement of the surface waters of the North sea (Geograph. Journ.). London, 1896.

39. H. N. Dickson.—The circulation of the surface waters of the North Atlantic Ocean (Philos. Trans. Royal Soc., Ser. A., vol. 196). London, 1901.

40. F. L. Ekman.—On the general causes of the ocean currents. Upsala, 1876.

41. W. Ekman.—Beiträge zur Theorie der Meeresströmungen (Annalen d. Hydrogr. u. Marit. Meteor). Berlin, 1906.

42. V. Walfrid Ekman.—On the influence of the Earth's rotation on ocean currents (Arkiv för Matematik, Astron. och Fysik. K. Svenska Vetensk. Akademien Band 2. № 11). Stockholm, 1905.

43. L. Favé.—Maréographe plongeur (Annales hydrographiques 1908—1909—1910). Paris, 1910.

44. A. G. Findley.—A Directory for the navigation of the South Pacific ocean... its winds, currents and passages. 5—edition. London.

45. A. G. Findley.—A Directory for the navigation of the North Pacific ocean... its winds, currents and passages. 3—edition. London.

46. A. G. Findley.—A Directory for the North Atlantic ocean. 15—edition. London.

47. A. G. Findley.—Sailing directory for the Ethiopic or South Atlantic ocean. 9—edition. London.

48. A. G. Findley.—A Directory for the navigation of the Indian ocean.... 4—edition. London.

49. J. Flint.—A contribution to the oceanography of the Pacific (Bulletin of the U. States National Museum № 55). Washington, 1905.

50. G. Forchammer.—On the composition of sea-water in the different parts of the ocean (Philosophical Transactions. Vol. 155). London, 1865.

51. D. D. Gaillard.—Wave action in relation to engineering structures. Washington, 1904.

52. P. H. Gallé.—Zur Kenntnis der Meeresströmungen (Medeelingen en Verhandelingen. Kon. Nederland. Meteor. Instit. № 102). Utrecht, 1910.

53. R. E. Godefroy.—Etudes sur les marées. Deuxième expédition antarctique française 1908—1910, commandée par le D-r. J. Charco. Paris, 1912.

54. G. Hagen.—Uber wellen auf Gewässeren von gleichmässiger tiefe. Berlin, 1862.

55. Rollin A. Harris.—Manual of tides. Parts I—IV (Coast and Geodetic. Survey Reports). Washington, 1894—1904.

56. Rollin A. Harris.—Arctic tides (Coast and Geodetic Survey). Washington, 1911.

57. B. Helland-Hansen.—Current measurments in Norwegian fiords, Norwegian Sea and the North Sea in 1906 (Bergens Museum Aarbog, № 15). Bergen, 1907.

58. B. Helland Hansen and F. Nansen.—*The Norwegian Sea* (Report on Norw. Fishery and Marine investigations. Vol. II, № 2). Kristiania, 1909.

59. B. Helland-Hansen.—The ocean waters an introduction to physical oceanography (Intern. Revue d. gesamten Hydrobiol. u. Hydrogr.). 1912.

60. M. W. Campbell Hepworth.—The effect of the Labrador current upon the surface temperature of the N. Atlantic and of the latter upon air temperature and pressure over the British Isles (Geophysical Memoirs № 1—10. Meteor. Office). London, 1912—14.

61. L. Joubin.—La vie dans les océans. Paris, 1912.

62. Kayser.—Physik des Meeres. 2-te Aufl. neubearbeitet von D-r C. Forch. Paderborn, 1911.

63. Athanasii Kircheri.—Mundus subterraneus. Amstelodami, 1665.

64. M. Knudsen.—Hydrography (The Danish *Ingolf*—expedition 1894). Copenhagen, 1899.

65. M. Knudsen.—Hydrographical Tables. London, 1901.

66. M. Knudsen.—Berichte über die Konstantenbestimmungen zur Aufstellung der hydrographishen Tabellen (D. Kgl. Danske Vidensk. Sebsk. Skr., 6 Riekke, Afd. XII—I). Kjobenhavn, 1902.

67. M. Knudsen.—Contributions to the hydrography of the North Atlantic ocean (Meddel. fra Komm. f. Havund, Sec. Hydrographi. Bd. I, № 6). Köbenhaven, 1905.

68. M. Knudsen.—Danish hydrographical investigations at the Faroe islands in the spring of 1910 (Meddel. fra Komm. f. Havund., Ser. Hydrogr. Bd. II, № 1). Köbenhaven, 1911.

69. J. G. Kohl.—Geschichte des Golfstroms und seiner Erforschung. Bremen, 1868.

70. O. Krümmel.—Geophysikalische Beobachtungen der Plankton-Expedition. Leipzig, 1893.

71. O. Krümmel.—Der Ozean. Wien, 1902.

72. O. Krümmel.—Handbuch der Ozeanographie. B. I—II. Stuttgard, 1907—1911.

73. G. F. M. Even. -The distribution of ocean temperatures along the west coast of N. America deduced from Ekman's theory of the upwelling of cold water from the adjacent ocean depths (Intern. Revue d. gesamten Hydrobiologie u. Hydrogr.). 1912.

74. L. Mecking.—Die Eistrift aus dem Bereich der Baffin-Bai beherrscht von trom und Wetter (Veröffentl. d. Instituts für Meereskunde, Heft 7). Berlin, 1905.

75. L. Mecking.—Der Golfstrom (Meereskunde sammlung volkstimlicher vorträge . .). Berlin, 1911.

76. H. Mohn.—The North ocean, its depths, temperature and circulation (The Norwegen N. Atlant. Exped. 1876—78). Christiania, 1887.

77. Prince Albert I de Monaco.—Sur le Gulf-stream. Recherches pour établir ses rapports avec la côte de France. Paris, 1886.

78. Prince Albert I de Monaco.—La carte bathymètrique des océans à l'échelle de 1 : 10.000.000.

79. Prince Albert de Monaco.—Sur une nouvelle carte de l'Atlanitque Nord (Comptes Rendus d. Scéances de l'Académie des Sciences, t. CXIV). Paris, 1892.

80. J. Murray, sir.—On the annual range of temperature in the surface waters on the ocean and its relation to other oceanographical phenomena (Geograph. Journal). London, 1898.

81. J. Murray, sir.—On the temperature of the floor of the ocean (Geograph. Journal). London, 1899.

82. J. Murray sir.—On the depth, temperature of the ocean waters and marine deposits of the S. Pacific ocean (Royal Geograph. Soc. of Australia). Brisbane, 1906.

83. J. Murray, sir.—The depths of the ocean, a general account of the modern science of oceanography based largely on the scientific researches of the Norwegian steamer *Michael Sars* in the N. Atlantic. London, 1912.

84. J. Murray, sir.—The ocean, a general account of the science of the sea. London, 1912.

85. F. Nansen.—Some oceanographical results of the expedition with the *Michael Sars* in 1900. Christiania, 1901.

86. F. Nansen.—The Oceanography of the North Polar basin (The Norwegian N. Polar Exped. 1893—96. Scientific results. Vol. III, № 9), Christiania, 1902.

87. F. Nansen.—The bathymetrical features of the North Polar seas (Norw. N. Polar Exp. 1893—96. Vol. IV, № 13). Christiania, 1904.

88. F. Nansen.—Die Ursachen der Meeresströmungen (Pett. Mitt.). Gotha, 1905.

89. F. Nansen.—Northern waters (Vidensk.-Selsk. Srifter. I. Mathem.-Natur. klasse № 3). Christiania, 1906.

90. F. Nansen.—Das Bodenwasser und die Abkühlung des Meeres (Intern. R. d. gesamt. Hydrobiol. u. Hydrogr. Bd V). Leipzig, 1912.

91. F. Nansen.—The sea west of Spitsbergen (Videnskap. Skrifter. I Mat. natur. klasse, № 12). Christiania, 1912.

92. F. Nansen.—The Waters of the North-eastern N. Atlantic (Internationale Revue d. gesamten Hydrobiologie u. Hydrographie). 1913.

93. F. Nansen.—Spitsbergen waters. Oceanographic observations during the cruise in 1912. Christiania, 1915.

94. J. N. Nielsen.—Hydrography of the waters by the Faroe islands and Iceland during the cruises of the Danish research steamer *Thor* in 1903 (Meddelelser fra Komm. for havundersogelser, № 4). Kobenhavn, 1904.

95. J. N. Nielsen.—Contributions to the hydrography of the waters North of Iceland (Meddelelser fra Komm. for havundersogeler, № 7). Kobenhavn, 1905.

96. J. N. Nielsen.—Contribution to the hydrography of the North-eastern part of the Atlantic ocean (Meddel. fra Komm. for havunder., № 9). Kobenhavn, 1907.

97. J. N. Nielsen.—Contribution to the understanding of the currents in the Northern part of the Atlantic ocean (Meddel. fra Komm. for havunder. № 11). Kobenhavn, 1908.

98. Duc. d'Orleans.—Croisière Océanographique accomplie à bord de la *Belgica*

dans la mer du Grönland an 1905 (Océanographie et biologie par. E. Koefoed). Bruxelles, 1907.

99. A. Paris.—Observations sur l'état de la mer receuillies à bord du *Dupleix* et de la *Minerve* (1867—1870) (Revue Marit. et Colonial). Paris, 1871.

100. O. Pettersson.—A review of swedish hydrographie research in the Baltic and the North seas (Scottish Geograph. Magazine). Edinburgh, 1894.

101. O. Pettersson.—Die hydrographischen Untersuchungen des Nordatlantischen Ozeans in den Jahren 1895—1896 (Pet. Mitt.). Gotha, 1900.

102. O. Pettersson.—On the influence of ice-melting upon oceanic circulation (Geograph. Journ.). London, 1907.

103. O. Pettersson.—Uber Meeresströmungen (Veröffentl. d. Instituts für Meereskunde. Heft, 12). Berlin, 1908.

104. E. Philippi.—Die Grundproben (Deutsche Sudpolar Expedition). Berlin, 1910.

105. J. E. Pillsbury.—The Gulf-stream, a description of the methods employed in the investigation, and the results of the research (Coast and Geodetic Survey Report, № 10, 1890). Washington, 1891.

106. C. Ploix.—Vents et courants, Routes générales, extrait des Sailing Directions de Maury. Paris, 1863.

107. J. Pollard et A. Dudebout.—Théorie du navire. T. I—IV. Paris, 1892.

108. G. Pouchet.—Expériences sur les courants de l'Atlantique Nord, faites sous les auspices du conceil municipal de Paris. Paris, 1889.

109. J. Prestwich.—Tables of temperatures of the sea at different deapths beneath the surface, reduced and collected from various observations made beween the years 1749 and 1868, discussed (Philos. Trans. Vol. 165). London, 1875.

110. R. Quinton.—L'eau de mer milieu organique. Paris, 1912.

111. J. Rennel.—An investigation of the currents of the Atlantic ocean and of those which prevail between the Indian ocean and the Atlantic. London, 1832.

112. J. Richard.—Les campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince Albert I de Monaco. Monaco, 1900.

113. J. Richard.—L'Océanographie. Paris, 1907.

114. Rollet de l'Isle.—Observation, étude et prédiction des marées (Service hydrograph. de la Marine, № 870). Paris, 1905.

115. C. Romme.—Tableaux des vents, des marées et des courants qui ont été observés sur toutes les mers du globe avec des réflections sur ces phénomènes. T. I—II. Paris, 1806.

116. J. Rouch.—Océanographie physique. Deuxième expédition antarctique française. 1908—1910, commandée par le D-r J. Charcot. Paris, 1913.

117. C. Rössler.- Grundzüge der Ozeanographie. Fiume, 1903.

118. Rottok.—Die während der Forschungsreise S. M. S. *Gazelle* ausgeführten Tiefseelothungen, Wassertemperaturmessungen, Strombestimmungen und Beobachtungen über die Farbe und Dursichtigkeit des Meerwassers (Die Forschungsreise S. M. S. *Gazelle* 1874 - 1876, Bd. II). Berlin, 1888.

119. C. Ryder.—Some investigations relating to the ocean currents in the sea between Norway, Scotland and Greenland. Copenhagen, 1901.

120. J. W. Sandstrom und B. Helland-Hansen. Ueber die Berechnung von Meeresströmungen (Report on Norwegian Fishery and Marine-Investigations. Vol. II, № 4). Bergen, 1903.

121. J. Schmidt.—Report on the Danish oceanographical expeditions 1908—1910, to the Mediterranean and adjacent seas (Hydrography by J. N. Nielsen). Copenhagen, 1912.

122. J. Schokalsky et P. Schmidt.—Aperçu sur les explorations scientifiques des mers et des eaux douces de l'empire Russe. Bordeaux, 1907.

123. G. Schott.—Die jährliche Temperaturschwankung des Ozean Wassers (Pet. Mitt). Gotha, 1895.

124. G. Schott.—Die Flaschenposten der Deutsche Seewarte. Hamburg, 1897.

125. G. Schott.—Weltkarte zur Übersicht der Meeresströmungen. Hamburg, 1898.

126. G. Schott.—Oceanographie und maritime Meteorologie. Texts u. Atlas (Wissenchaftliche ergebnisse der Deutschen Tifssee-Expedition auf dem Dampfer *Valdivia* 1898—99). Jena, 1902.

127. G. Schott.—Die Verteilung des Salzgehalts im Oberflächenwasser der Ozeane (Pett. Mitteil.). Gotha, 1902.

128. G. Schott.—Die Wärmevertheilung in dem Wasser der Südpolaren. Meere (Annal. d. Hydr. u. Marit. Meteor.). Berlin, 1902.

129. G. Schott.—Die Wärmevertheilung in den Tiefen des Stillen Ozeans (Annal. d. Hydrogr. u. Marit. Meteor.). Berlin, 1910.

130. G. Schott.—Geographie des Atlantischen Ozeans. Hamburg, 1912.

131. B. Schulz.—Die Strömungen und die Temperaturverhältnisse der Stillen Ozeans nördlich von 40° N. Br. einschliesslich der Bering-meeres. Göttingen, 1911.

132. Sherard Osborn.—The Geography of the bed of the Atlantic and Indian Oceans and Mediterranian Sea (Journal of the R. Geograph. Soc. Vol. 41). London. 1871.

133. C. D. Sigsbee.—Deep-sea sounding and dredging (Coast and Geodetic Survey). Washington, 1880.

134. A. Supan.—Die Bodenformen des Weltmeeres (Pet. Mitt.). 1899.

135. J. van der Stok.—Etudes des phénomènes de marée sur les côtes Néerlandaises. I—III (Konikl. Nederl. Meteor. Inst. № 90). Utrecht, 1904.

136. Z. L. Tanner.—Deep-sea exploration. A general description of the steamer *Albatross*, her appliances and methods (U. S. Fish Comm. Bullet. 1896). Washington, 1897.

137. W. Thomson, sir.—The tides (Popular lectures and addresses. Vol. I—III). London, 1891.

138. W. Thomson, sir.—The tide gauge, tidal harmonic analyser, and tide predicter (Minutes of proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. LXV). London, 1881.

139. J. Thoulet.—Océanographie. Vol. I—II. Paris, 1890—96.

140. J. Thoulet.—L'océan, ses lois et ses problèmes. Paris, 1904.

141. J. Thoulet.—Précis d'analyse des fonds sous-marins actuels et anciens. Paris, 1907.

142. J. Thoulet.—Instruments et opérations d'océanographie pratique. Paris, 1908.

143. Vaughan Cornish.—Waves of the Sea. London, 1910.

144. R. Verbeek.—Krakatau. T. I—II. Batavia. 1884.

145. Jsaat Vossius.—Le guidon de la navigation ou traicté du mouvement de la mer et des vents. Traduit du latin. Paris, 1666.

146. E. H. Weber und W. Weber.—Wellenlehre auf Experimente gegründet. Leipzig, 1825.

147. W. H. Wheeler.—A practical manual of tides and waves. London, 1906.

148. W. Wisseman.—Die Oberflächenströmungen des Schwarzen Meeres. Berlin, 1906.

149. R. Witting.—Zusammenfassende Übersicht der Hydrographie des Bottnischen und Finnischen Meeresbusens und der Nördlichen Ostsee nach der Untersuchungen bis Ende 1910. Helsingfors, 1912.

150. R. Witting.—Beobachtungen von Temperatur und Salzgehalt an festen Stationen

in den Jahren 1900—1910 (Finlandische hydrographisch-Biologische Untersuchungen, № 8) Helsingfors, 1912.

151. R. Witting.—Beobachtungen von Oberflächenstrom, Tifenstrom und Wind (in den Jahren 1900—1910 (Finlandische hydrographisch-biologische Untersuchungen, № 9). Helsingfors, 1912.

152. A. Woeikoff.—Etude sur la température des eaux et sur les variations de la température du globe (Archives des sciences physiques et naturelles. T. XV). Genève, 1886.

То же по-русски „Извѣстія Императ. Русскаго Географическаго Общ.". Т. XIX. С.-Петербургъ, 1883.

153. R. N. Wolfenden.—Scientific and biological researches in the N. Atlantic (Memoirs of the Challenger Society, № 1). London, 1909.

154. K. Zöppritz.—On the theory of ocean currents (Proceed. R. Soc.). London, 1879.

---

1. Annuaire des marées des côtes de France pour l'an 1914 (Service hydrographique de la Marine). Paris, 1913.

2. Berichte der Commission für erforschung des Ostlichen Mittelmeeres (S. M. Schiff *Pola*, 1890—94). Wien.

3. Berichte der Commission für oceanographischen Forschungen im Rothen Meere. Expedition S. M. Schiff *Pola* in das Rothe Meer, 1895—96 und 1897—98). Wien, 1898—1907.

4. The Challenger Reports.—Narrative. Vol. I—II. Physic and chemistry. Vol. I—II: Deep-sea deposits; Botany. Vol. I; Zoology. Vol. I; Foraminifera. Vol. 9; Radiolaria. Vol. 18: Summary of the results. Vol. I—II. London, 1882—1895.

5. Conseil permanent international pour l'exploration de la mer. Copenhague.

A. Rapports et procés-verbaux des réunions, 1902—1913.

B. Bulletin des resultats acquis pendant les croisières périodiques.

C. Publications de circonstance № 1—69, 1903—14.

6. The eruption of Krakatoa and subsequent phenomena (Report of the Krakatao Comm. of the Royal Soc.). London, 1888.

7. Gezeitentafeln (Observatorium zu Wilhelmshaven). Berlin, 1914.

8. Observations océanographiques et météorologiques dans l'Océan Indien. Atlases pour 12 mois de l'année (Koninklisk Nederlandsch Meteorologisch Institut). Utrecht, 1893—1908.

9. Observations océanographiques et météorologiques dans la région du courant de Guinée (1855—1900) (Koniklisk Nederl. Meteorol. Institut). Utrecht.

10. De Guinea Equatorial Stroomen (Konigl. Nederl. Meteorol. Institut). Utrecht, 1895.

11. Observations océanographiques et météorologiques près du cap Guardafui (Konigl. Nederl. Meteor. Instit.). Utrecht, 1909.

12. Resultats du Voyage du S. I. *Belgica* en 1897—99 sous le commandement de A. de-Gerlache de-Gomery. Océanographie et Géologie: H. Arctowski et H. R. Mill—Relation thermique; J. Thoulet—Détermination de la densité de l'eau de mer; H. Arctowski et J. Thoulet—Rapport sur la densité de l'eau de mer; H. Arctowski—Les glaces. Bruxelles.

13. Segelhandbuch für den Indischen Ozean (Deutsche Seewarte). Hambourg, 1892.

14. Segelhandbuch für den Stillen Ozean (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1897.

15. Segelhandbuch für den Atlantischen Ozean (Deutsche Seewarte). Hamburg.

16. Tables des marées des colonies Françaises des mers de Chine pour l'an 1914 (Service hydrographique de la Marine). Paris, 1913.

17. Tides tables for the year 1913 (Coast and Geodetic Survey). Washington, 1912.

18. Tide tables for the British and Irish ports. 1906. London, 1905.

19. Tide tables for standard ports in the United Kingdom and other parts of the world for the year 1915. London, 1914.

20. List of oceanic depths and serial temperatures. 1887—1912. London.

Atlases.

21. Montly current charts for the Indian ocean (Hydrographer of the Navy). London, 1895.

22. Montly current charts for the Atlantic ocean (Hydrographer of the Navy). London, 1897.

23. Quarterly current charts for the Pacific Ocean (Hydrographer of the Navy).

24. Wind and current charts for Pacific, Atlantic and Indian Oceans (Hydrographic Office). London, 1886.

25. Montly Meteorological Charts of the N. Atlantic.—Meteorological Office. London.

26. Montly Meteorological Charts of the Indian Ocean.—Meteorological Office. London.

27. Atlantischer Ozean. Ein Atlas von 39 Karten, die Physikalischen verhältnisse und die verkehrs-strassen darstellend (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1902.

28. Stiller Ozean. Ein Atlas von 31 Karten, die Physikalischen Verhältnisse und die Verkehrs-strassen. Darstellend (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1896.

29. Atlas der Stromversetzungen auf den Wichtigsten Dampferwegen im Indischen Ozean und in den Ostasiatischen Gewässeren (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1905.

30. Atlas der Meeresströmungen in dem Indischen Ozean (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1913.

31. Indischer Ozean. Ein Atlas von 35 Karten, die Physigalischen Verthältnisse und die Verkehrs-strassen Darstellend (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1891.

32. Pilot charts of the adjacent Seas of Japan (Hydrographic Office). Tokyo, 1913.

33. Pilot Charts of the North Atlantic Ocean. Hydrographic Office. Washington.

34. Pilot Charts of the central American waters. Hydrographic Office. Washington.

Алфавитный указатель именъ авторовъ.

Курсивныя цифры относятся къ страницамъ „Введенія“, римскія же—къ „Предисловію“.

Абруцкій, герцогъ.—208, 515.
Августъ.—*10.*
Айткенъ.—222.
Аламиносъ, А.—407, *20.*
Александръ Македонскій.—*9.*
Амундсенъ.—*58.*
Анаксимандръ.—*7.*
Антоанъ, К.—231.
Анучинъ, Д. Н.—180.
Араго.—*43, 44.*
Аристотель.—406, *9.*
Аристофанъ.—*8.*

Базэнъ.—230.
Balleny.—*32.*
Байронъ, комм.—*29, 30.*
Бальбоа.—8, *20,*
Бегеймъ.—*16, 23.*
Бёканъ.—*50.*
Беллинсгаузенъ.—*32, 34.*
Belcher.—*32.*
Берггаузъ, Г.—412, 421.
Бергъ, Л. С.—180.
Берингъ.—*25.*
Бернулли.—287. *28, 46.*
Берриманъ.—21.
Берту.—*39.*
Бертэнъ.—231.
Бидоне.—229.
Biscoe.—*32.*
Бичеръ.—421.
Бичи.—194, *32.*
Бойль.—*28.*
Borda.—*31.*
Брайантъ.—515.
Брейтфусъ, Л. Л.—194, 512, 513, *IV, 58.*
Бремонтье.—229.
Бреннеке.—470, 562.
Брукъ.—20, 21, 29, 54, *39, 40.*
Брюсъ.—*63.*
Буге (Бугеръ).—214, *28.*
Бугенвиль.—*30.*
Будринъ, Т. Т.—*69.*
Бунзенъ.—220. *45.*
Буссинескъ.—231.
Бухтѣевъ, А. М.—197, 289, 435, *V.*
Бюашъ.—30, 32, 90, *26.*
Бьюкененъ.—259, 391, *49.*
Бьеркнесъ, В.—413, 439, 457, 458, 459, 460, 463, 482.
Бэлей.—*40.*
Бэшъ.—*41.*

Vaillant.—*32.*
Вальдземюллеръ.—8.
Вареніусъ (Вареній).—408, *25, 27, 28.*
Варнекъ, А. И.—*58.*
Васильевъ.—*32.*
Васко-да-Гама.—406, *20, 23, 31.*
Веласко, Педро де.—406.
Веберъ.—229, 230, 232, 280, 282, *45.*
Weddell.—*32.*
Wendt.—32.
Verdun.—*31.*
Весконти, П.—*15.*
Wild.—*49.*
Willemoss-Suhm.—*49.*
Вильчекъ, графъ.—198.

Вилькицкій, А. И.—*58*.
Вилькицкій, Б. А.—186, 189, 198.
Винсента.—*19*.
да-Винчи, Леонардо.—239.
Воганъ Корнишъ.—268.
Воейковъ, А. И.—94, 158, 542, 559, 560, *III*.
Вознесенскій, А. В.—180.
Вольтманъ.—418.
Воссіусъ.—*29*.
Врангель, Ф.—*32*.
Врангель, Ф. Ф.—176, *60*.
Wullerstorf-Urbair.—*32*.

Гагенъ.—230.
Гагенбахъ.—220.
Гадлей.—408.
Галле.—413, 471, 540.
Галлилей.—287.
Ганнонъ. *7*.
Гаррисъ, Р.—288, 368, 370.
Гассенмайръ.—261, 263.
Hawkesworth.—*29*.
Гебель, Г. Ф.—512.
Гекатъ.—*8*.
Гелландъ Ганзенъ.—507, *65*.
Гельмгольцъ.—228.
Гензенъ.—*18*.
Гепвортъ Кемпбель.—524.
Генрихъ, навигаторъ.—*15*.
Гёнтеръ.—543.
Геродотъ.—287, *7*, *8*.
Герцогъ Орлеанскій, Филиппъ.—188, 189.
Герстнеръ,—229, 232.
Гимилько.—*7*.
Гиппалусъ.—*11*.
Гиппархъ.—*10*.
Григорьевъ, А. В.—433.
Головинъ.—*32*.
Гомеръ.—*7*.
Гончаровъ.—278.
Горнеръ.—*33*.
Горъ.—544.
Готрё.—423.
Гумбольдтъ, А.—90, 411, 463, 480, 547, *43*, *46*, *47*.

Дань.—551.
Дарси.—230.
Дарвинъ, Ч.—18.
Дарвинъ, Г.—288, 335, 348.
Дежневъ.—*25*.
Дейманъ.—21, *40*.
Делессъ. - *42*.
Делиль.—*25*.
Де-Лонгъ.—515.
D'Entrecasteux.—*32*.
Депрецъ.—*44*.
Діацъ, Барт.—*16*, *20*.
Диксонъ.—529, *56*, *53*.
Дитмаръ.—66, 67, 69, *50*.
Дицеархъ.—*10*.
Доллондъ.—408.
Досси.—421.
Дригальскій, Э.—196.
Дриженко, Ф. К.—*58*.
Дрэкъ.—545, *24*, *30*.
Dumont D'Urville.—*32*, *42*, *44*.
Duperrey.—*32*.
Дю-пти-Туаръ.—480, 547, *32*, *42*, *43*.

Jacquinot.—*32*.
Жданко, М. Е.—423, 549, 550, *IV*, *56*.

Изабелла.—*19*.

Іортъ.—*65*.

Кабраль.—407.
Каботъ, С.—206, *20*.
Кандиба, В. Н.—272, *IV*.
Каньи.—208, 515.
Карпентеръ.—457.
Kellet.—*32*, *42*.
Кельвинъ, лордъ (см. В. Томсонъ), 228, 344.
Кеплеръ.—287.
Kerguelen, marquis de.—*31*.
Керхалле.—412, *46*.
Кирхеръ, А.—408, 409, *27*, *29*.
Кларкъ.—440.
Клеве.—440.
Книповичъ, Н. М.—513, *57*, *58*.
Кнудсенъ, М.—68, 69, 78, 84, *62*, *63*, *65*.
Колумбъ.—406, 421, *18*, *19*, *20*, *21*, *29*, *30*.
Колчакъ, А. В.—*58*
Кортецъ.—407.
Коши.—229.

Коцебу, О.—18, 71, 118, 214, *32, 33, 34, 35, 39, 42, 45.*
Крузенштернъ.—18, 119, 543, 544, 546, *32, 33, 42.*
Крюммель.—470, 478, 500, 560, *56.*
Крыловъ, А. Н.—254, *III, 46.*
Кузанусъ. —*26.*
Кукъ.—18, 410, 544, *29, 30, 31. 38, 40.*

Лагранжъ.—229, 230, 264, 277, 280, 282, *45.*
Лагэньеръ.—421.
Лазаревъ, М. П.—*32, 34.*
Ла-Кудрэ.—229.
Лаперузъ.—18, *32.*
Лапласъ.—229, 287, 334, 335, 337, 344, *38, 45. 46.*
Лёббокъ.—288.
Лебланъ.—25.
Ленцъ, Эд. *32.*
Ленцъ, Эмилій.—18, 71, 73, 118, 119, *34, 35, 36, 37, 39, 42, 43, 45.*
Лепе.—407.
Леруа.—408, *39.*
Лисянскій, Ю.—18, 119, *32, 33.*
Литке, Ѳ.—544, *32.*
Лоайясъ.—*24.*
Локвудъ.—207.
Ломоносовъ, М. В.—579, *5.*
Лосевъ, А. Н.—*III.*
Лютгенсъ.—88.

Магелланъ, Ф.—8, 18, *21, 22, 23, 24, 30, 31.*
Макаровъ, С. О.—167, 171, 176, 192, 391, 470, 480, 481, 533, 542, 549, *32, 55, 56, 60, 62, 63, 69.*
Мас-Clintoc.—*32, 40.*
Маклоренъ.—287, 456. *28.*
Мальте-Брёнъ.—*39.*
Мальчевскій, М. П.—*III.*
Марей.—282.
Marion.—*31.*
Маринъ.—*12, 13.*
Маркгамъ.—207.
Марсэ.—*44.*
Марсильи.—*27, 28.*
Массуди.—*14.*
Мельвиль.—515.
Мерцъ.—470.
Меркаторъ. —*26.*
Меррей, сэръ Дж.—54, 57, 217, 390, 391, 532, *49, 50, 61, 63.*
Миддендорфъ.—433.
Миккельсенъ.—41.
Милль—124, *63.*
Митчель.—418.
Moseley.—*49.*
Монакскій принцъ, Альберъ.—54, 214, 421, 422, 499, *54, 55.*
Монъ.—457, *57.*
Мори.—21, 31, 32, 411, *39, 40, 46, 47, 48.*
Моттецъ.—259.
Мюнстеръ.—8.
ле-Мэръ.—*24.*

Нансенъ, Ф.—41, 151, 153, 186, 207, 211, 413, 436, 439, 440, 457, 462, 464, 465, 505, 513, 558, *52, 58, 63, 65.*
Невельской, Г.—*32.*
Нехо.—*7.*
Никитинъ, М. В.—*III.*
Новопашенный, П. А.—*58.*
Норденшильдъ.—*58.*
Ньютонъ,—239, 287, 334, 335, *28, 45, 46.*
Нэрсъ.—*48, 49.*

Орлеанскій герцогъ, Филиппъ.—488, 289, *58.*
Ортелліусъ.—*26.*

Паркеръ.—18.
Пари, лейт.—230, 231, 254, 256, 257, 260, 261, 262, 263, *45.*
Парри.—194.
Парротъ.—*35, 36, 37, 42.*
Петтерсонъ, О.—413, 457, 458, *56, 63, 65.*
Пильсбери.—418, 493, 494, 495.
Pingré.—*31.*
Пинзонъ.—407.
Пири.—41, 193, 208, 209.
Питеасъ.—287, *8, 9.*
Плиній.—*5, 12, 16.*
Поло, Марко.—*15, 18.*
Понсъ-де-Леонъ.—407.
Посидоній.—287.
Птоломей.—*13, 14.*

Пуассонъ.—229, *45*.
Purey-Custe.—*63*.

Ранкинъ.—230, *45*.
Рейнике.—396.
Ренаръ.—54, *50*.
Реннель, Дж.—411, 412, *46*.
Renaud, J.—*63*.
Роммъ.—411.
Рорданцъ.—400, 401, 402, 403, 404.
Россъ, Дж. Кл. — 19, 20, 21, 22, 142, 199, *32*, *39*, *44*.
Россъ, Джонъ.—18, *40*.
Рудовицъ, Л. Ф.—*III*.
Рюйшъ.—*23*.
Рыкачевъ, М. А.—*37*.
Рэлей, лордъ.—220.

Сандштремъ.—413, 457, *65*.
Сахаровъ, Л. В.—551.
Свердрупъ.—*59*.
Секки.—215, 216.
Сенека.—*11*, *12*.
Серафимовъ, В. В.—288, *III*.
Сергѣевъ, И. С.—*58*.
Сигсби.—25, 72, 73, *54*.
Сикъ.—119.
Скоттъ-Россель.—230.
Скоттъ, Р. Ф.—199, 200.
Скоресби,—230, 256, 274.
Sörensen.—*62*.
Сорэ.—220.
Соссюръ.—*42*.
Stanley.—*32*.
Станюковичъ.—*32*.
Стевенсонъ.—271.
Страбонъ.—*10*, *12*.
Surville.—*31*.
Сухомель, В. М.—*III*.

Талесъ.—*7*.
Тасманъ.—*24*, *30*.
Теофрастъ.—406.
Тиберій.—*16*.
Тизардъ.—*49*.
Тимосфенъ.—*10*.
Тиндаль.—220.
Толь, бар. Э.—361, *58*.
Томсонъ, В. (см. Кельвинъ).—18, 23, 24, 288, *37*.
Томсонъ, Уайвиль.—*48*, *49*.
Торнё.—*57*.
Тосканелли.—*15*, *19*.
Тэтъ.—*50*.

Уевель.—298, 366, 367, *46*.
Уилькъ.—215, *32*, *45*.

Фаве.—370, 404.
Финдлей.—412, *46*.
Фицъ-Рой.—119, *32*, *42*.
Fleurieu.—*31*, *39*.
Фложергомъ.—229, *45*.
Форель, Ф. А.—218 219, 222, 282.
Форстеръ.—18.
Форшхаммеръ.—66, *45*.
Форчъ.—413, 471, *62*.
Фостеръ.—*31*.
Франклинъ.—410, 411, 463, 498.
Фрудъ.—230, 247, *45*.
Фурнье.—408.

Humsley, W. B.—429.
Хромченко.—*32*

Цезарь, Юлій.—*10*.
Цёпприцъ,—463, 464, 466, 470, 477.

Чіальди.—230.

Шанцъ.—*32*.
Шарко.—404, 553, *34*, *63*.
Шеклтонъ,—552.
Шерардъ Осборнъ.—*40*.
Шиллингъ, Н. бар.—456.
Шишмаревъ.—*32*.
Шмелькъ.—*57*.
Schmidt, J.—533.
Шокальскій, Ю. М.—180.
Шортландъ.—*40*.
Шпиндлеръ. І. Б.—176, 180, 533, *57*, *60*.
Шпрингъ.—220, *45*.
Шоттъ. — 222, 231, 256, 260, 263, 413, *60*.
Шульгинъ, Г. И.—*III*.
Шутенъ.—*24*.

Эберкромби.—256, 261, 263.
Эйлеръ.—*28*.
Экманъ, В. — 180, 413, 418, 419, 435, 465, 467, 468, 470, 471, 472, 481, 496, 539, 540, *56*, *65*.
Эллисъ.—*27*.
Элькано —*22*, *24*.
Эме.—141, 418.
Эратосфенъ.—*10*, *19*.
Эренбергъ.—*41*.
Эри.—230, 288, *46*.
Эрманъ.—*44*.

Якобсенъ.—*48*.
Яновъ, А. В.—197.

Алфавитный указатель именъ судовъ, упоминаемыхъ въ текстѣ.

Курсивныя цифры относятся къ страницамъ „Введенія“.

Albatros.—*53.*
Alma Cummings.—431.
Альбіонъ.—487.
Америка.—*32.*
Андрей Первозванный.—194, *58.*
Arctic.—21.
Astrolabe.—*32.*
Aurora.—552, 553.
Ахта.—*32.*

Байкалъ.—*32.*
Belgica.—155, 157, 189, 191, 192, 552, *58*, *61.*
Beffoy.—*32.*
Бигль.—18, *32.*
Благонамѣренный.—*32.*
Blake.—434, 493, *54.*
Blossom.—*32.*
Bonite.—*32.*
La Boudeuse.—*30.*
Boussole.—*32.*
Buccaneer.—261.
Bull-dog.—*32.*

Вайгачъ.—*58.*
Valdivia.—28, 62, 141, 145, 155, 157, 171, 180, 200, 202, 216, 222, *60.*
Varna (Варна).—44, 529.
Vega.—*58.*
Venus.—*32*, *43.*
Vettore Pisani.—*54.*
Willems Barents.—*57.*
Vincento Perotta.—432.
Витязь.—143, 144, 171, 391, 542, *55*, *56.*
Востокъ.—*32*, *34.*

Gauss.—155, 157, 553, *61.*
Hastings.—430.
Gazelle.—*51*, *52.*
Herald.—*32.*
Goja.—*58.*
Gorgon.—21.

Deutschland.—148, 155, 157, 158, 470, 552, 553, 560, *61.*
Deering.—432.
Dijmphna.—529.
Discovery.—*61.*
Dolphin.—*29.*
Донецъ.—175, *59.*
Dochra.—205.
Dupleix.—256.

Елена.—*32.*
Ely.—554.
Endurance.—552, 553.
Entreprise.—*54.*
Erebus.—*32*, *34.*
Ермакъ.—*59.*
L'Espérance.—*32.*

Jane.—*32.*
Jannette (Жанетта).—207, 514, 515.

Запорожецъ.—175.
Zélée.—*32.*

Iale.—431.
Ingolf.—141, 145, 158, *57*.
Hirondelle.—*54*.

Казбекъ.—175.
Камчатка.—*32*.
Карлукъ.—515.
Coquille.—*32*.
Conscript.—203.
Congress.—18.
Кроткій.—*32*.

Lively.—*32*.
Lighting.—*48*.

Meteor.—203.
Minerva.—256.
Мирный.—*32*, *34*.
Michael Sars.—434. 504, 532, *61*.
Моллеръ.—*32*, *38*.

Надежда.—119, 543, *32*, *33*, *38*.
National.—*56*.
Нева.—18, 119, 481, 494, 543, *32*, *33*.
Nero.—37, *59*.
Novara.—*32*.

Открытіе.—*32*.

Пахтусовъ —197, 198.
Penguin.—*52*, *59*.
Petty.—432.
Planet. — 36, 101, 102, 103, 110, 141, 142, 143, 144, 145, 231, 250, 260, 261, 263, *61*.
Pola.—171, *56*.
Полярная Заря.—*58*.
Porcupine.—22.
Porpoise.—*32*.
Предпріятіе.—18, 71, 98, 118, *29*, *34*, *37*, *38*, *39*, *42*, *43*, *45*.
Princesse Alice.—*54*.
Princesse Louise.—*32*.
Pour-quoi-pas.—155, 157, *61*.

Rattlesnake.—*32*.
Rainbow.—421.
Relay.—*59*.
Recherche.—*32*.
Rossmore.—432.
Рюрикъ.—214, *32*, *33*, *38*, *42*, *45*.

Sabrina.—*32*.
Samarang.—*32*.
Св. Анна.—515, 529.
Селяникъ.—*60*.
Сенявинъ.—543, *32*, *38*.
Siboga.—*59*.
Eliza Scott.—*32*.
Scotia.—*61*.
Stork.—542.
Sulphur.—*32*.

Таймыръ.—*58*.
Talisman.—*54*.
Tegethof.—197, 198.
Telemach.—431, 500.
Terror.—*32*, *44*.
Texas.—203.
Thor.—114, 169.
Travailleur.—*54*.
Toula.—*32*.
Tuscarora.—36, *52*, *59*.

Umbria.—277.

White.—432.

Fanny Wolston.—430, 431, 500.
Faraday.—277.
Vöringen.—*57*.
Фрамъ (Fram). — 151, 152, 156, 187, 188, 208, 211, 465, 513, *52*, *58*.
Friends.—432, *21*.

Chadwick.—430, 432.
Cyclops.—21.

Черноморецъ.—175, *59*.

Challenger. — 23, 54, 56, 66, 99, 119, 128, 141, 142, 143, 144, 145, 261, 429, 435, 457, 553, *29*, *31*, *37*, *38*, *40*, *48*, *49*, *50*, *51*, *52*, *53*, *57*, *61*.
Shearwater.—*48*.

Эклипсъ.—*59*.

Алфавитный указатель географическихъ названій.

Курсивныя цифры относятся къ страницамъ „Введенія".

Австралія. — 7, 37, 38, 45, 150, 279, 332, 356, 357, 382, 426, 540, 541, 544, 546, 552, 554, 558, *24, 30, 52.*
Австралійско-азіатское м. *).—10, 45.
Австралійское м.—546.
Австрія.—*53.*
Адмиралтейства зал.—363.
Аденскій зал.—170, 171, 542.
Аденъ.—14, 280, *40.*
Адлеръ-грундъ банка.—473.
Адріатическое м.—10, 43, 114, *56.*
Азія.—97, 332, 382, 537, 548, 551. *12, 16, 18, 19, 25, 38.*
Азія Малая.—536.
Азовское м.—10, 44, 46, 96, 106, 139, 175, 176, 536.
Азорскіе о-ва. — 21, 32, 91, 272, 277, 372, 390, 391, 406, 426, 499, *19, 51.*
Аландскіе о-ва.—43, 96, 532.
Аландская котловина.—107.
Александра I земля.—199, *34.*
Александрія.—*12, 14, 15.*
Алеутскіе о-ва.—35, 36, 61, 339, 545, *52.*
Алеутское теченіе.—545.
Аляска.—36, 41, 204, 382, 386, 514, 545, *33.*
Амазонка р.—392, 396, 426, 487.
Амальфи.—*18.*
Америка.—54, 332, 382, 406, 410, 421, 496, 500, 515, 526, 545, 551, *20, 21, 22, 23, 24, 25, 31, 38, 51.*
Американская котловина.—150.
Американскія средиземныя моря.—10.
Амстердамъ о-въ.—38, 371.
Амуръ р.—393.
Аннамъ.—548.
Аннаполисъ.—374.
Анатолія.—180.
Анверсъ.—393.
Англія. — 34, 97, 106, 268, 270, 272, 381, 389, 392, 397, 410, *9, 11, 20, 30, 40, 49.*
Андаманское м.—10, 46.
Анива зал.—204.
Антарктическій материкъ.—3, 33, 38, 150, 199, 201, 332, 404, 557, 558, 559, 562, *25.*
Антильскіе о-ва.—33, 45, 56, 171, 273, 278, 421, 424, 426, 490, 493, *50.*
Антильское теченіе. — 493, 494, 497, 502.
Антиподъ о-въ.—371.
Апіа портъ.—371.
Аральское м.—98, 178, 179, 283.
Аравійское м.—222, 382, 539.
Аравія.—93.
Арктическое м.—39, 41.
Арика зал.—278, 279.
Арконскій бассейнъ (Балт. м.).—107.
Архипелагъ.—43, 114.
Ашуръ-Аде о-въ.—98.
Атлантическое Норвежское теченіе.—463, 504, 508, 511, 516, 519, 523, 524.
Атлантическій ок.: — названіе — 8; границы — 9; площадь — 10; уровень—17; рельефъ дна—32; рельефъ дна морей—42; средняя глубина—51; глобигериновый илъ — 61; радіоляріевый илъ — 63; древность—64; распредѣл. по широтамъ солености, осадковъ, испаренія, плот-

*) м. означаетъ—море.

ности, темпер. воды и воздуха—89; распредѣл. солености — 91; средняя соленость—94; распредѣл. плотности на глубинахъ—102, 105; распредѣл. кислорода на глубинахъ — 111; годов. амплитуды темпер.—131; распредѣл. темпер. по поверхн.—133-135; изономалы—136; крайнія темпер.—136; средн. темпер. — 149, 150; распредѣл. темпер. на глубинахъ южн. полярнаго простр.—154, 155, 157, 158; средн. темпер. на глубинахъ—160; вертик. обмѣнъ воды—165, 166; ледян. горы—201, 203, 205; прозрачность—216, 217; цвѣтъ—222; зыбь — 259, 261, 262; размѣры волнъ—260, 261; прибой—267; бурунъ — 273, 274; волны землетряс.—277, 278; приливы — 356; амплит. приливовъ — 370, 372; приливн. теченія — 387, 390; теченія тропич. полосы—486; теченія сѣв. половины — 492; теченія южн. половины—527; теченія морей—529.
Атлантическое теченіе.—499, 501, 502, 503, 504, 508, 520, 521, 522, 524, 527.
Атлантическое Шпицбергенское теченіе.—508, 510, 511, 513, 516.
Ауклэндъ портъ.—371.
Африка.—43, 130, 169, 273, 332, 357, 406, 407, 424, 449, 486, 490, 491, 492, 527, 533, 538, 552, *8*, *9*, *12*, *15*, *16*, *20*, *21*, *22*, *27*, *51*.
Африканская котловина.—150.

Бабъ-эль-Мандебскій пр.—95, 170, 542.
Бавнагаръ портъ.—382.
Багамская банка.—493.
Багамскіе о-ва.—407, 421, 432, 493.
Байкалъ оз.—178, 179.
Баку.—108.
Балеарскіе о-ва.—43, 534.
Балканскій пол-въ.—536.
Балтійское м.—10, 14, 17, 42, 96, 106, 107, 115, 132, 138, 168, 172, 173, 174, 178, 179, 181, 211, 217, 221, 223, 262, 273, 283, 360, 441, 473, 483, 530, 531, 532, *56*, *57*.
Банда м.—45, 168, 172, *51*.
Баренцово м.—41, 194, 195, 203, 508, 512, 521, 522.
Барфлеръ мысъ.—377, 381.
Бассовъ пр.—554.
Батометръ.—70, 72, 73, 76, 119.
Батумъ.—536.
Баффинова земля.—33.
Баффиново м.—18, 41, 193, 194, 203, 501, 516, 517, *40*.
Бельгія.—97, 381, *53*, *62*.
Белль-рокъ маякъ.—269.
Бельтъ пр. — 42, 96, 97, 107, 172, 529, 530, 531.
Беннетъ о-въ.—204.
Бенгальскій зал. — 94, 222, 382, 538, 539, *40*.
Бенгуельское теченіе.—406, 487, 527, 528, 541, 545, 552.
Берингово м.—10, 39, 46, 139, 167, 204, 549, *38*, *56*.
Берингъ пр. — 8, 39, 190, 208, 363, 515, 550, 559, *31*, *58*.
Бермуды о-ва.—*51*.
Бильбао портъ.—270.
Бискайскій зал.—43, 48, 268, 269, 432, *48*.
Біеркс.—97.
Брайджуотеръ (баръ р. Севернъ).—381.
Biddulphia sinensis (водоросль).—530.
Большой Кайманъ о-въ.—44.
Большой проходъ пр.—373.
Бомбей.—382, *40*.
Бонинъ о-ва.—36.
Бордо.—393.
Борнгольмская котловина.—107.
Борнмуфъ.—268.
Борнео о-въ.—45, 548.
Борнгольмъ о-въ.—42, 96, 108, 173, 180.
Борщовецъ о-въ.—361.
Бостонъ.—392, 406.
Босфоръ. — 13, 44, 96, 106, 114, 174, 176, 406, 533, 534, 535, 536, 542, *55*, *60*.
Босфорское теченіе.—535.
Ботническая котловина.—107.
Ботническій зал.—15, 16, 43, 96, 108, 138, 172, 173, 360, 531.
Бразилія.—18, 91, 407, 424, *51*.
Бразильское теченіе. — 424, 487, 527, 557.
Бременъ.—393.
Брестъ.—287, 354, 357, 361.
Бретань.—376, 377, 421.

Бреха о-въ.—377.
Бристоль.—*20.*
Бристольскій зал.—380, 381, 382, 394, *11.*
Буве о-въ.—158, 204.
Буде портъ.—381.
Бугенвиль о-въ.—39.
Бурбонъ о-въ.—370.
Бургонскій каналъ.—230.
Бѣлое м. — 10, 42, 96, 97, 108, 137, 168, 217, 223, 359, 361, 363, 433, 529, *25, 58, 60.*

Гайгачъ о-въ.—42.
Валенція.—524, 525.
Вальпарайзо.—*51.*
Ванъ-Димена пр.—545.
Владивостокъ.—139.
Веймуфъ портъ.—374.
Великобританія.—97, 385, 525, *53, 62.*
Веллингтонъ.—339, *51.*
Венеція.—*18, 20.*
Вестонъ.—381.
Вестъ-Индскіе о-ва.—426.
Виллетъ-Пойнтъ портъ.—359.
Викъ гавань.—269.
Викторіи земля.—38, 199, 562.
Вильгельма II земля.—199.
Вилькицкаго генерала о-въ.—204.
Вознесенія о-въ.—259, 261, 267, 370, *51.*
Волга р.—98.
Вормсъ мысъ.—381.
Восточно-Гренландское теченіе.—153, 192, 203, 437, 483, 501, 503, 516, 564, *58.*
Восточно-Австралійское теченіе.—546, 557.
Восточно-Китайское м.—262.
Восточное теченіе южныхъ широтъ.—551, 558.

Гавайскіе о-ва.—363, 365, 366, 371, *52.*
Гаваи.—278.
Гавръ.—272, 279, 380, 389, 393.
Гадесъ.—*8, 9.*
Гадиръ.—8.
Гаити.—*19.*
Гайнанъ о-въ.—129.
Галапагосскіе о-ва.—130, 543.
Галегосъ р.—376.
Галегосъ портъ.—376.
Галифаксъ портъ.—*51.*
Гамбургъ.—278, 393, 413, 441.
Гамбэй зал.—382.
Ганге.—360.
Гангъ р.—396.
Гаттерасъ м.—432, 496, 497, *20.*
Гастингсъ.—381.
Гвадалквивиръ.—*22.*
Гвардафуй м.—130.
Гвинейскій зал. — 180, 262, 267, 424, 487, 492, *18.*
Гвинейское теченіе.—406, 490, 492.
Гвіанское теченіе.—407, 491, 492.
Гёмберъ р.—392.
Генъ-Кэй, рифъ.—493, 495.
Генуа.—271, *18.*
Георгъ портъ.—374
Гердъ о-въ.—554.
Германія.—*48, 53, 62.*
Гернсей о-въ. — 273, 274, 377, 389, 424.
Геттисбергъ банка.—391.
Гибралтарскій пр. — 43, 95, 103, 104, 169, 170, 391, 406, 437, 439, 440, 529, 532, 533, 534, 542, *9, 12, 44, 50.*
Гижигинскій зал. или губа.—366, 382, 549.
Гило.—279.
Глостеръ.—394.
Гранта земля.—207, 209.
Гранвиль портъ.—377, 378, 379.
Гренландія.—8, 33, 41, 136, 150, 151, 153, 154, 190, 192, 193, 195, 196, 197, 199, 203, 204, 207, 208, 406, 426, 428, 436, 437, 501, 502, 508, 509, 513, 514, 515, 516, 559, *57.*
Греція.—43.
Горло Бѣлаго м. — 42, 97, 138, 168, 217, 361, 382, 529.
Гогландъ о-въ.—108, 360.
Голландія.—97, 106, 370, 381, 391, *53, 62*
Гольфстримъ. — 54, 91, 92, 129, 135, 153, 154, 203, 222, 259, 406, 407, 410, 411, 421, 424, 426, 430, 431, 433, 437, 440, 481, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 501, 502, 504, 518, 520, 524, 527, 544, 545, *20, 49, 51.*
Гондурасъ.—407.
Гонконгъ.—*51.*
Гонолулу портъ.—363, 365, 371, *51.*

Горнъ мысъ.—5, 8, 33, 204, 205, 250, 279, 332, 424, 528, 547, 548, 552, *21*, *33*, *34*.
Горна мыса теченіе.—528, 547, 548.
Гортонъ Блёфъ.—374.
Гоу о-въ.—528.
Готландъ о-въ.—42, 96, 172, 173.
Готландская котловина.—107.
Готтенбургъ.—481.
Гуамъ о-въ.—37, 48, 370, *59*.
Гугли.—396.
Гудзоновъ зал.—10, 44, 206.
Гудзоновъ пр.—372.
Гуль портъ.—392, 393.
Гумбольдтово теченіе.—547.

Данія.—389, *53*, *62*.
Данцигская бухта.—441.
Дарданеллы. — 44, 96, 106, 176, 406, 533, 535, 542, *11*, *18*.
Датскіе о-ва.—42, 174.
Датскій пр.—33, 192, 501, 516.
Даціа банка.—391.
Двинскій зал.—97, 168.
Дежневъ мысъ (Восточный).—*25*.
Джерсей о-въ.—377, 389.
Джильберта о-въ.—371.
Де-Кастри, гавань. — 350, 351, 353, 357, 371, 402.
Дельгадо мысъ.—540.
Дербентъ.—98, 139.
Дигби гавань.—374.
Діелетъ мысъ —376.
Диско о-въ.—426.
Днѣпровско-Бугскій лиманъ.—139.
Доброй Надежды мысъ.—8, 204, 205, 222, 376, 442, 527, 528, *20*, *24*, *33*, *40*, *61*.
Досонъ портъ (Тонкинъ).—357, 359.
Дрейфъ Гольфстрима.—499.
Дрейфъ Японскаго теченія.—545, 551.
Дрэка пр.—204.
Дувръ.—353, 354.
Дунай р.—536.
Дуэ портъ.—204.
Дэвисовъ пр.—8, 33, 39, 41, 501, 516.

Евпаторія.—536.
Европа.—150, 170, 194, 211, 262, 279, 332, 334, 337, 367, 370, 381, 382, 393, 396, 406, 407, 421, 424, 426, 501, 515, 518, 520, 521, 522, 526, 527, 533, 559, *9*, *10*. *12*, *16*, *18*, *19*, *20*, *22*, *24*, *51*, *57*.
Египетъ.—406, *18*.
Екатерининская гавань. — 340, 341, 352, 353, 354, 361, 402.
Енисей р.—*58*.

Желаніе мысъ.—428.
Желтое м.—45, 548, 549.
Женева.—*9*.
Женевское оз.—283.
Жиронда р.—42.
Жуанъ-де-Фука пр.—363.

Занзибаръ.—217.
Зари рейдъ—361, 363.
Западно-Австралійское теченіе.—541, 542.
Западно-Гренландское теченіе. — 426, 501, 516.
Зеландія о-въ.—172.
Зеленаго мыса о-ва.—371, *19*, *51*.
Зеленый мысъ.—33, 262, 371, 421.
Зеленый зал.—374.
Земля Викторіи.—38, 199, 562.
Земля Гранта.—515.
Земля Граама.—199.
Земля Гриннеля.—190.
Земля Коатса.—199, 562.
Земля Лунтпольда.—562, 563.
Земля Николая II.—3, 195, 204.
Земля Франца-Іосифа.—151, 187, 195, 199, 204, 208, 512, 514, 529.
Земля Эндерби.—201.
Зондскій архипелагъ. — 7, 10, 38, 44, 94, 172, 262, 541, 548, *20*, *21*, *22*, *24*, *59*.
Зондскія моря.—357.
Зондскій пр.—279, 429, 548.
Зундъ пр.—42, 96, 97, 172, 531.
Зюдерзее зал.—385, 389.

Игольная банка.—552.
Игольный мысъ.—5, 205, 541.
Игольное теченіе.—426, 449, 528, 537, 540, 541, 552, 557.
Иквикве.—279.
Индійскій ок.:—названіе—8; границы—9; площадь — 10; колебанія уровня — 13;

рельефъ дна—38; рельефъ дна морей—46; средняя глубина—51; глобигериновый илъ—61; діатомовый илъ—62; радіоляріевый илъ—62, 63; древность—64; распредѣл. солености—92; средняя соленость — 94; распредѣл. плотности на глубинахъ — 102; годовыя амплит. темпер. — 130; распредѣл. темпер. по поверхн.—133-135; изономалы—136; средняя темпер.—137; распредѣл. темпер. на глубинахъ — 143, 144, 147; придонныя темпер.—150; распредѣл. темпер. на глубинахъ южн. поляри. простр.—154, 155, 157; средн. темпер. на глубинахъ—160; ледян. горы — 201, 202, 205; прозрачность—217; цвѣтъ—222; размѣры волнъ—260; прибой — 271; волны землетряс.—278; приливы—357; амплит. прилива—370, 382; теченія муссонныя—537; теченія южн. половины—540; теченія морей—542.
Индія.—17, 382, 406, *11*, *12*, *16*, *19*, *20*, *21*.
Индо-Китай.—45, 46, 357.
Индостанъ.—64, *20*.
Инфракомбъ портъ—381.
Ирмингера теченіе.—426, 516.
Ири оз.—283.
Ирландское теченіе.—501.
Ирландское м.—10. 389.
Ирландія.—21, 42, 48, 170, 204, 389, 406, 424, 440, 501, 520, 533, *40*.
Ирмингера теченіе.—501, 502.
Исландское теченіе.—516, 518.
Исландія. — 32, 33, 41, 61, 151, 192, 203, 204, 211, 406, 421, 428, 436, 461, 462, 463, 481, 501, 502, 504, 508, 516, 519, 532, *11*, *18*, *57*, *58*.
Испанія.—43, 169, 262, 270, 273, 376, 432, *11*, *19*, *21*, *24*, *54*.
Италія.—43, 114, *53*.
Итурупъ о-въ.—*52*.

Іесо о-въ.—549.
Іокогама.—*51*.
Іоническое м.—43, 217.

Кабота пр.—516.
Кабота теченіе.—497, 517.
Кавказъ.—536.
Кадиксъ.—278, 287, *8*.
Калькутта.—*20*.
Калифорнское теченіе.—471, 545, 546.
Калифорнскій зал.—10, 382.
Калифорнія пол-въ.—543.
Камчатка пол-въ. — 36, 46, 139, 204, *31*, *33*, *41*.
Кампобелло о-въ.—373.
Канада.—231, 372, 382.
Кандалакская губа.—42, 108, 138, 168.
Кандалакша село.—361, 363.
Канарское теченіе.—471, 499, 505.
Канарскіе о-ва.—371, 391, *19*.
Каннинъ пол-въ.—42, 137.
Капштадтъ.—273, 280.
Карабугазъ зал.—98, *57*.
Карибское м.—10, 44, 168, 171, 339, 356, 421, 424, 426, 431, 480, 487, 492, 493, 498, 529, *49*, *54*.
Карибское теченіе.—487, 492.
Каргодосъ арх-гъ,—38.
Кардифъ портъ.—381.
Каролинскіе о-ва.—370.
Карское м. — 42, 188, 190, 192, 197, 529, *58*.
Кареагенъ.—*8*, *9*.
Кассатериды.—*9*.
Каспійское м.—97, 98, 108, 115, 139, 176, 423, 537, *57*.
Каттегатъ пр.—42, 97, 106, 107, 115, 172, 174, 360, 530.
Квако портъ.—374.
Кваркенъ.—43, 97, 108.
Квебекъ.—393.
Кей зал.—382.
Кемь портъ.—353, 361, 363.
Кергеленъ о-въ.—38, 150, 205, 371, 554, *51*.
Кермадекъ о-ва.—37, 38, 546, *51*, *52*.
Керченскій прол.—96, 406, 536, *11*.
Кётчъ зал.—382.
Килауи вулк.—*51*.
Килингъ о-въ.—371.
Киль.—360.
Кинонъ.—357, 359.
Кипръ о-въ.—43.
Китай.—382, 395, 406, *15*, *16*, *18*. *19*, *20*.
Китайское м.—45, 222, 261, 548, 549.

Коатса земля.—199, 562.
Кодебекъ.—396.
Кольди о-въ.—381.
Кольскій зал.—361, 512.
Кола.—521.
Колгуевъ о-въ.—512.
Колліеръ зал.—382.
Коломбо.—180, 270, 271, *61.*
Колонъ портъ.—339.
Колорадо р.—382.
Колумбія р.—276, *31.*
Колумбія британская.—386.
Кольскій пол-въ.—361, 524.
Колыма р.—363, *25.*
Конушинъ м.—138.
Корейскій пр.—549, *56.*
Корея.—382, 548, 549.
Костинъ шаръ.—197.
Кракатоа о-въ.—279, 280, 429.
Красное м.—10, 46, 95, 139, 168, 217, 223, 287, 441, 542, *8, 18, 56, 62.*
Красная Горка.—97.
Критъ о-въ.—43.
Крозетскіе о-ва.—38, *51.*
Кронштадтъ.—12, 14, 17, 481.
Крымъ.—44, 132, 180, 536.
Куба.—492, 493, *19.*
Кука зал.—382.
Кука прол.—*51.*
Кура р.—98.
Курильскіе о-ва.—36, 39, 46, 97, 136, 386, 545, 550, *52.*
Куро-Сиво (см. Японское теч.).—129, 135, 544, 548, 549, 551, *56.*
Кэмбриджъ.—382.
Кэна м.—41.
Кэптоунъ.—*51.*

Лабрадорское теченіе.—91, 203, 440, 497, 516, 517, 564, *20.*
Лабрадоръ пол-въ.—440, *20, 40.*
Лагёвъ маякъ.—272.
Ладожское оз.—178, 179, 221, 473.
Ламаншъ. — 21, 30, 42, 97, 262, 268, 272, 273, 274, 278, 376, 377, 380, 384, 388, 389, 424, 499, *11.*
Лангръ о-въ.—350, 351, 353, 357, 363, 365, 371, 402.
Лаперузовъ пр. — 139, 391, 480, 549, *56.*
Лаплата р.—205, 424, 562, *21.*
Лена р.—363, 427.
Лёнди о-въ.—381.
Лепро зал.—373.
Либава.—42, 273.
Ливанскія горы.—8.
Ливерпуль.—381, 393.
Лима.—547.
Линмуфъ.—381.
Лиссабонъ.—272, 278, *20.*
Литльтонъ.—279.
Ліу-Кіузскіе о-ва.—544.
Лонгъ-Айлендъ.—359.
Лондонскій мостъ.—381.
Лондонъ.—381, 393, 410, 527.
Лофотенскіе о-ва.—521, 522, 523.
Луара р.—6.
Луитпольда принца земля.—562, 563.

Маврикія о-въ.—370.
Магеллана пр.—376, *24, 51.*
Мадагаскарское теченіе.—429, 541.
Мадагаскаръ.—38, 150, 540, 541, *61.*
Мадера о-въ.—214, 254, 267, 268, 272, 277, 371, 421, 426, 432, *50, 51.*
Мадрасъ.—280, *40.*
Майнесъ зал.—375.
Малакка пол-въ.—8, 9, 357, *20.*
Малакскій пр.—538, 548.
Мальдивскій архип.—38.
Манила.—353, 354, 356, *51.*
Маріанскій архип.—37, 38, 48, 370, *22, 59.*
Маркизскіе о-ва.—370.
Марокко.—278, 391.
Марсель.—287, *9, 10.*
Мартиника о-въ.—273, 421.
Маршальскіе о-ва.—371.
Маскаренскіе о-ва.—38.
Матапанъ.—43.
Медвѣжій зал.—197.
Медвѣжій о-въ. — 151, 193, 203, 502, 509, 511, 512, 515, 516.
Медвѣжьяго о-ва теченіе.—515.
Мезень р.—393, 396.
Мезеньскій зал.—396.
Мекленбургъ.—172.
Мексика.—8, 36, 136, 407, *21.*

Мексиканскій зал.—10, 44, 356, 421, 426, 481, 482, 492, 493, 498, 529, *49*, *51*.
Мельбурнъ.—*51*.
Мемель.—283, 360.
Менъ о-въ.—172.
Мерсей р. 381.
Мессина.—43.
Месопотамія.—406.
Минданао о-въ.—48.
Мингэдъ.—381.
Миссисипи р.—498.
Міровой ок.: — океанограф. элементы—1; статика—2; площадь—10; рельефъ дна—47; средн. глубина—51; грунтъ дна—57; составъ воды—66, 67; средн. соленость—91; объемъ—99; распредѣл. плотности—98; происхожденіе солености — 116; суточныя и годовыя амплит. темпер.—128, 129, 130, 131; средняя темпер.—137; распредѣл. темпер. на глубинахъ—143; придонныя темпер.—149; распредѣл. темпер. на 400 м. глубины — 162; котидальныя линіи Уэвеля—367; котидальныя линіи Гарриса—368; кольцо Восточнаго теченія и антарктич. теченій—551; глубоководныя теченія и круговоротъ воды въ океанѣ—554.
Мозамбикскій пр.—*20*.
Мозамбикское теченіе.—540, 541, *20*.
Молинда портъ.—*20*.
Молукскіе о-ва.—*21*, *22*, *23*, *21*,
Монктонъ. — 374, 375, 376, 394, 395, 396.
Монтевидео.—*51*.
Мраморное м. — 10, 44, 96, 106, 114, 168, 172, 174, 176, 533, 534, 535, *60*, *61*.
Мурманъ или Мурманскій берегъ. — 203, 217, 359, 361, 382, 512, *58*, *64*.
Мурманское теченіе.—512.
Муссонныя теченія Индійскаго ок. — 537, 538, 539.
Мэчіасъ Спль о-въ.—373.

Нагаева бухта.—353, 366.
Надежда о-въ.—18, 194.
Неаполь.—*18*.
Никобарскіе о-ва.—46.
Нилъ р.—95, *16*.
Нипонъ о-въ.—544.
Новороссійскъ.—272.
Новая Гвинея.—544. *51*.
Новая Зеландія. — 6, 35, 37, 38, 150, 199, 205, 209, 278, 339, 426, 546, 552, 553, 554. *21*, *30*, *51*.
Новая Земля. — 41, 42, 92, 189, 193, 196, 197, 204, 363, 426, 512, 513, 514, *57*, *58*, *64*.
Новая Каледонія о-въ. — 371, 546.
Новая Шотландія. — 129, 131, 204, 372, 517.
Ново-Сибирскіе о-ва. — 41, 151, 189, 207, 363, 427.
Ноель зал.—374.
Норвегія. — 39, 41, 42, 61, 97, 106, 151, 421, 462, 463, 502, 503, 508, 509, 511, 518, 519, 520, 522, *53*, *57*, *58*.
Нордканское теченіе.—508, 511, 512.
Нордканъ мысъ.—502, 508, 509, 511.
Нордъ Шильдеъ.—525.
Нормандія.—376, 377, 384, 389.
Нѣмецкое м. — 10, 42, 97, 106, 107, 172, 173, 174, 212, 221, 223, 262, 370, 381, 385, 388, 389, 393, 441, 529, *56*.
Нью-Іоркъ. — 205, 359, 406, 410, 432, 497, 517.
Ньюпортъ.—381, 410.
Ньюфаундлендская банка.—204, 205, 261, 273, 432, 440, 497, 517, 541.
Ньюфаундлендъ о-въ. — 21, 33, 91, 136, 203, 499, 501, 502, 520, *20*, *40*.
Нэшъ мысъ.—381.

Огненная земля.—547.
Одесса.—12, 14, 132, 273.
Ольдерней.—270.
Онежскій зал.—42, 138, 168, 361.
Онтэріо оз.—283.
Опасный пр.—386.
Орёбро.—519.
Ориноко.—426, 492.
Оркнейскіе о-ва.—463, 529. *11*, *40*.
Оркнейскіе южные о-ва.—562.
Орловскій маякъ.—361.
Орна р.—396.
Остенде.—381.
Остъ-Индія.—94.
Отрантскій пр.—43.

Охотское м.—10, 46, 97, 136, 139, 167, 204, 350, 363, 365, 382, 423, 549, 550, *33, 56, 60.*
Оя-Сиво теченіе.—545, 550.

Па-де-Кале.—42, 370, 389.
Панамскій зал.—382, *22.*
Панамскій пер-къ.—*20, 21, 22.*
Напете портъ.—365, 366.
Парзборо портъ.—374.
Патагонія.—150, 376, 426, 553, 554.
Пелау архип.—36, 39.
Немброкъ.—381.
Пенангъ.—*40.*
Пенжинская губа.—549.
Перимскій пр.—46.
Перу—36, 139, 214, 278, *59.*
Персія.—*18.*
Персидскій зал.—10, 46, 95, 139, 542, *8, 10.*
Перуанское теченіе.—547.
Петикодіэкъ р.—374, 375, 394, 396.
Петра I о-въ.—*34.*
Петроградъ.—280, 361, 494.
Печнлійскій зал.—548.
Печора р.—393.
Пиза.—*18.*
Никту портъ.—374.
Плимутъ.—384, 389, *51.*
По р.—95.
Подвѣтренные о-ва. 45.
Полярное м.—153, 154, 437, 465.
Полярный бассейнъ.—151.
Поной р.—138.
Поперечное теченіе Атлантическаго ок.—527, 528, 548, 552.
Поперечное теченіе Индійскаго ок.—541, 552.
Поперечное теченіе Тихаго ок.—546, 547, 552.
Поновъ о-въ.—361, 363.
Порогъ Уайвиль Томсона.—273, 437, 502, 504, 505, 507.
Порторико о-въ.—33, 39, 44.
Порто-Санто о-въ.—421.
Портсмутъ.—*50.*
Португалія.—*10, 19.*
Поти.—12, 14, 272.
Приморская область.—524.
Принца Эдуарда о-въ.—38.
Пугвашъ портъ.—374.

Ратанъ.—360.
Ріо-Жанейро.—33.
Рижскій зал.—115, 531.
Робаналъ мысъ.—272.
Роббенъ о-въ.—272.
Родосъ о-въ.—*12, 19.*
Родригецъ о-въ.—371.
Рокъ мысъ.—480, 487, 527.
Рона р.—95.
Росса ледяной барьеръ.—562.
Россія.—17, 96, 221, 359, 363, 382, 393, 397, 417, 524, *25, 30, 53, 59, 62.*
Роттердамъ.—389.
Руанъ.—392.
Рюгенъ о-въ.—96, 172, 174, 473.

Сайгонъ.—357, 359.
Саквиль.—374, 375.
Самоа о-ва.—356, 371.
Санъ-Діего.—278.
Санъ-Доминикъ о-въ.—421.
Санъ-Лукаръ-де-Баррамеда портъ.—*22.*
Санъ-Сальвадоръ о-въ (Ватлингъ).—*19.*
Санъ-Франциско.—278, *24, 52, 53.*
Сандвичевы о-ва.—357, *31, 51.*
Сандвичевы южные о-ва.—33, 278, 562.
Sargassum bacciferum.—499.
Саргассово м.—216, 276, 406, 430, 431, 496, 499, 500, *19.*
Сардинія о-въ.—37, 43.
Сахара.—94.
Сахалинъ о-въ.—129, 204, 385, 549.
Св. Елены о-въ.—259, 267, 370.
Св. Георга зал.—376.
Св. Лаврентія зал.—374, 376, 393, 497.
Св. Матвѣя зал.—376.
Св. Павла о-въ.—150, 277, 371, 429, *51.*
С.-Пьеръ портъ.—370.
Святой Носъ.—137.
Св. Ѳомы о-въ.—*50.*
Свинемюнде.—360.
Себези о-въ.—279.
Себуку о-въ.—279.
Северинъ р.—381, 394, 397.
Севастополь.—12, 14, 44, 283, 284.

Севилья.—*22.*
Сеймуръ узкость.—386.
Семперъ оз.—178, 179.
Сенъ-Жанъ-де-Люцъ.—268, 269.
Сенъ-Джонъ портъ.—373.
Сенъ-Луи портъ.—370.
Сенъ-Мало.—377, 389.
Сена р.—280, 392, 396, 397.
Сергія узкость.—386.
Серамъ о-въ.—45.
Сешельскіе о-ва.—28, 38, 371, 391.
Сибирь.—39, 190, 204, 361, 363, 427, 513, 514, 515, *25*, *58*.
Сидней.—279, *51*.
Силь о-въ.—373.
Синопъ.—536.
Сирія.—217, *8*.
Сицилія о-въ.—37, 43, 169.
Сиэтль.—363.
Сіамскій зал.—441.
Скагенъ мысъ.—97.
Скагерракъ пр. — 42, 97, 106, 172, 360, 441, 529, 530, 531.
Скандинавія.—106, 172.
Смита пр.—517.
Смольсъ о-въ.—381.
Согне-фіордъ.—461, 462, 519, 521, 522, 523.
Соединенные Штаты. — 17, 54, 129, 259, 270, 367, 426, *40*, *48*, *49*, *53*, *62*.
Соломоновы о-ва.—136.
Сомали берегъ.—538, 539.
Сомалійское теченіе.—471, 538, 539.
Сомма р.—384.
Соутгэмптонъ.—393, 397.
Списеръ Ковс.—374, 375.
Средиземное м.—43, 95, 96, 103, 104, 105, 113, 114, 141, 168, 169, 170, 217, 223, 262, 272, 273, 287, 440, 471, 532, 533. *8*, *9*, *10*, *12*, *16*, *22*, *27*, *40*, *44*, *48*, *54*, *56*, *61*, *62*.
Стокгольмъ.—42.
Сторъ-фіордъ.—512.
Сулу м.—45, 168, 172, *51*.
Суматра.—8, 9, 262, 279, 377, 538, 529, *61*,
Сумской посадъ. 361.
Суонси.—381.
Сцилли о-ва. *9*, *11*.
Сѣверная Америка.—231, 357, 513.
Сѣверо-американскій арх-гъ. — 192, 195, 204, 517.
Сѣверная Двина.—42, 138, 391, 393.
Сѣверное Экваторіальное теченіе Атлантическаго ок.—471, 487, 491, 492, 493, 499, *19*.
Сѣверное Экваторіальное теченіе Тихаго ок.—542, 543, 544, 545.
Сѣверно-Европейское м. — 151, 153, 154, 211, 440, 461, 462, 483, 501, 502, 505, 507, 508, 511, 516, 517, 523, 524, *57*, *58*.
Сѣверо-Африканское теченіе.—499.
Сѣверно-полярное м. — 10, 39, 151, 187, 190, 192, 193, 203, 204, 207, 208, 472, 509, 513, 514, 515, 529, 564, *53*, *62*.
Сѣверный Ледовитый ок.—10.
Сэбль мысъ.—373.

Таити о-въ.—356, 365, 366, *30*, *51*.
Таймырскій пол-въ. —42, 151, 186, 189, 190, 361, 363, *58*.
Тайна р.- 525.
Танаисъ р.—*16*.
Тартессусъ.—*8*.
Тасманія о-въ.—546.
Татарскій пр.—139, 204, 350, 363, *56*.
Телонъ Бетонгъ портъ.—279.
Темза р.—287, 381, 389.
Тенерифъ о-въ.—*19*, *50*.
Терскій берегъ.—42.
Терцейра о-въ.—272.
Теченій заливъ.—406.
Теченій мысъ.—406.
Теченій о-въ.—404.
Тзіенъ-Тангъ-кіангъ р.—395.
Тидоре о-въ.—*21*.
Тилламукъ маякъ.—270.
Тиморъ о-въ.—8, 9, 45.
Тиръ.—*14*.
Тирренское м.—43, 534.
Тихій ок.:—названіе—8; границы—9; площадь—10; уровень—17; первое измѣр. глубины—18; рельефъ дна—34; рельефъ дна морей.—45; средн. глубина—51; глобигериновый илъ—61; діатомовый илъ 61; радіоляріевый илъ—63; древность 64; распредѣл. солености—91; средн. соленость — 94; распредѣл. плотности на

глубинахъ—102; годов. амплит. темпер.—132; распредѣл. темпер. по поверхн.—133-135; изономалы—136; крайнія температуры—136; средн. темпер.—148; распредѣл. темпер. на глубинахъ—142, 144, 148; придонныя темпер.—148; распредѣл. темпер. на глубинахъ южн. поляри. простр.—154, 155, 157; темпер. на глубинахъ — 160; ледян. горы — 204, 205; размѣры волнъ — 260; прибой — 270; волны землетряс.—278, 279; приливы—356, 359; амплит. прилива — 370, 382; приливн. теченія—391; теченія тропич. пояса—542; теченія сѣв. половины—544; теченія южн. половины—546; теченія морей—548.
Товарищества о-ва.—370, *30.*
Толбухинъ маякъ.—108.
Тонга о-ва.—35, 37, 38, 150, 371, *51, 52, 59.*
Тонкинскій зал.—357.
Торментинъ мысъ.—374.
Торресовъ прол.—541, *30, 51.*
Тоунсендъ портъ.—363, 365, 366.
Тристанъ д'Акунья о-въ.—370, *51.*
Тулэ о-въ.—*11.*
Туркестанъ.—*18.*
Тюбъ Карагань мысъ.—139.
Тэтисъ.—64.

Уайтъ о-въ.—397.
Уаланъ о-въ.—370.
Удская губа.—549.
Уедделя море.—199.
Уессанъ о-въ.—376, 377.
Уналька зал. (Алеут. о-ва).—339.
Унежма село.—361.
Урупъ о-въ.—36.
Утрехтъ.—413.

Фалкландскіе о-ва.—205, 554, *51.*
Фальмутъ.—410.
Фальстеръ о-въ.—172.
Фаннингъ о-въ.—371.
Фарё.—42.
Фарёрскіе о-ва.—33, 41, 151, 204, 273, 371, 440, 501, 502, 508, 518, *48.*
Фаяль портъ.—406.
Фениксъ о-въ.—371.
Фернандо Норонья о-въ.—*51.*
Фиджи о-ва.—371.
Финистерре мысъ.—32, 254.
Финляндія.—16.
Финскій зал. — 15, 43, 97, 108, 115, 138, 172, 181, 360, 531.
Филиппинскіе о-ва.—36, 38, 39, 45, 49, 353, 357, 543, 544, *21, 22, 24.*
Флатхольмъ о-въ.—381.
Флиссингенъ.—381.
Фіордъ Креста.—509.
Флоресъ о-въ.—406.
Флорида.—44, 211, 424, 430, 493, 494, 495, 497, 525.
Флоридскій прол.—407, 424, 481, 482, 492, 493, 496, 497, 498.
Фолли-пойнтъ.—374, 375.
Формоза о-въ.—36, 544.
Формозскій пр.—*56.*
Фоуей Рокъ.—493, 494, 495.
Франція.—48, 114, 272, 386, 395, 396, 397, 404, 421, *11, 30, 40, 53, 54.*
Фунди зал.—372, 373, 376, 395, 432.
Фунчаль.—267, 268.
Фучау.—382.
Фэреулъ мысъ.—501, 514, 516.

Ханчжоускій зал.—395.
Херсонесъ мысъ.—536.
Хотъ о-въ.—374, 375.
Хрома р.—427, 428.
Хромская стрѣлка.—427, 428.

Цейлонъ о-въ.—270, 271, 279, 539.
Целебесъ море.—45, 168, 172, *51.*
Целебесъ о-въ.—172.
Центральная Америка.—492, 543.
Цесаревича зал.—98.
Цусимскій прол.—45, 549, 550.

Чагосъ арх-гъ.—38, 180, 217.
Чатамъ о-въ.—278, 546, 554.
Чемульпо.—382.
Черное м.—10, 12, 13, 14, 17, 44, 96, 106, 114, 115, 132, 138, 168, 172, 174, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 272, 273, 283, 361, 533, 534, 535, 536, *11, 18, 60.*
Чепстоу.—381.

Чилое о-въ.—547.
Чили.—36, 39, 554, *51*, *59*.
Чилійскій арх-гъ.—382, 547.

Шаранта р.—396.
Швейцарія.—282.
Швеція.—16, 43, 519, *53*, *62*.
Шелехова зал.—549.
Шербургъ.—377, 384.
Шетландскіе о-ва.—269, 502, 503, 504, 505, 526, 529, 562.
Шлезвигъ.—96.
Шотландія.—33, 41, 154, 211, 219, 273, 381, 389, 440, 501, 502, 504, 508, 529, *11*, *48*.
Шпицбергенское холодное теченіе. — 515, 516.
Шпицбергенъ. — 39, 41, 92, 151, 153, 154, 190, 192, 193, 194, 195, 197, 199, 203, 204, 208, 426, 436, 437, 503, 504, 508, 509, 510, 512, 513, 514, 515, 516, 520, *54*, *57*, *58*, *59*.

Эверестъ.—49.
Эгейское м.—176, 534, 535.
Эддинстонскій маякъ.—384.
Эдуарда VII земля.—199.
Экваторіальное противотеченіе Атлантическаго ок.—490, 492.
Экваторіальное противотеченіе Индійскаго океана.—538, 540.
Экваторіальное противотеченіе Тихаго океана.—543.
Экваторіальное сѣверное теченіе Атлантическаго океана. — 471, 487, 491, 492, 493, 499.
Экваторіальное южное теченіе Атлантическаго океана.— 486, 487, 490, 491, 492, 528.
Экваторіальное южное теченіе Индійскаго океана.—426, 429, 540, 541.
Экваторіальное сѣверное теченіе Тихаго океана.—542, 543, 544, 545.
Экваторіальное южное теченіе Тихаго океана.—543, 544, 546, 547, 552.
Эльба р.—441.
Эндерби земля.—201.
Эрегли мысъ.—536.
Эпледоръ.—381.

Югорскій шаръ.—42.
Южная Америка.—262, 356, 426, 428, 480, 487.
Южная Африка.—492, 499.
Южная Георгія о-въ.—158.
Южно-Китайское м.—172, 222.
Южный мысъ.—5, 8.
Южное полярное пространство трехъ океановъ.—154.
Южное Экваторіальное теченіе Атлантическаго ок. — 471, 486, 487, 490, 491, 492, 528.
Южное Экваторіальное теченіе Индійскаго океана.—426, 429, 538, 540.
Южное Экваторіальное теченіе Тихаго ок.— 543, 544, 546, 547, 552.
Юкатанъ прол.—44, 492, 493, 498.
Ютландія.—97, 174, 441, 530.

Ява.—8, 9, 38, 39, 45, 150, 279, *61*.
Ява м.—45.
Ямайка.—44, 45.
Ямалъ.—42, 529.
Ярмуфъ.—373.
Японія.—132, 278, 279, 357, 545, *51*, *52*.
Японское м.—10, 45, 46, 97, 139, 167, 261, 262, 423, 550, *33*, *56*, *60*.
Японскіе о-ва—36, 46.
Японское теченіе (см. Куро-Сиво). — 524, 544, 545, 548, 549, 551.

Замѣченныя опечатки.

СТР.	СТРОКА	НАПЕЧАТАНО	ДОЛЖНО БЫТЬ
Введеніе.			
35	1 сверху	правильныя	правильныя
38	7 снизу	Intro	Intro-
40	2 снизу	Geograph,	Geograph.
61	4 снизу	ond	and
Текстъ.			
39	5 сверху	"	Тихій
107	17 снизу	$\varepsilon\tau$	$\sigma\tau$
149	Карта. Фиг. 61.	Въ Индійскомъ ок. къ западу отъ Австраліи $> 1^\circ$	$< 1^\circ$
152	Фиг. 62.	Названіе корабля на обоихъ чертежахъ F r a n i	F r a m
228	13 сверху	находящейся	находящуюся
233	8 снизу	(IIR)	(πR)
330	5 снизу	($_2$H $\div$ h)	($_2$H + h)
386	13 сверху	v	y
461	Формула посрединѣ страницы	подъ знакомъ интеграла	vdp
575	Подпись подъ фиг. 247.	Прерывчатая линія	Прерывчатыя линіи